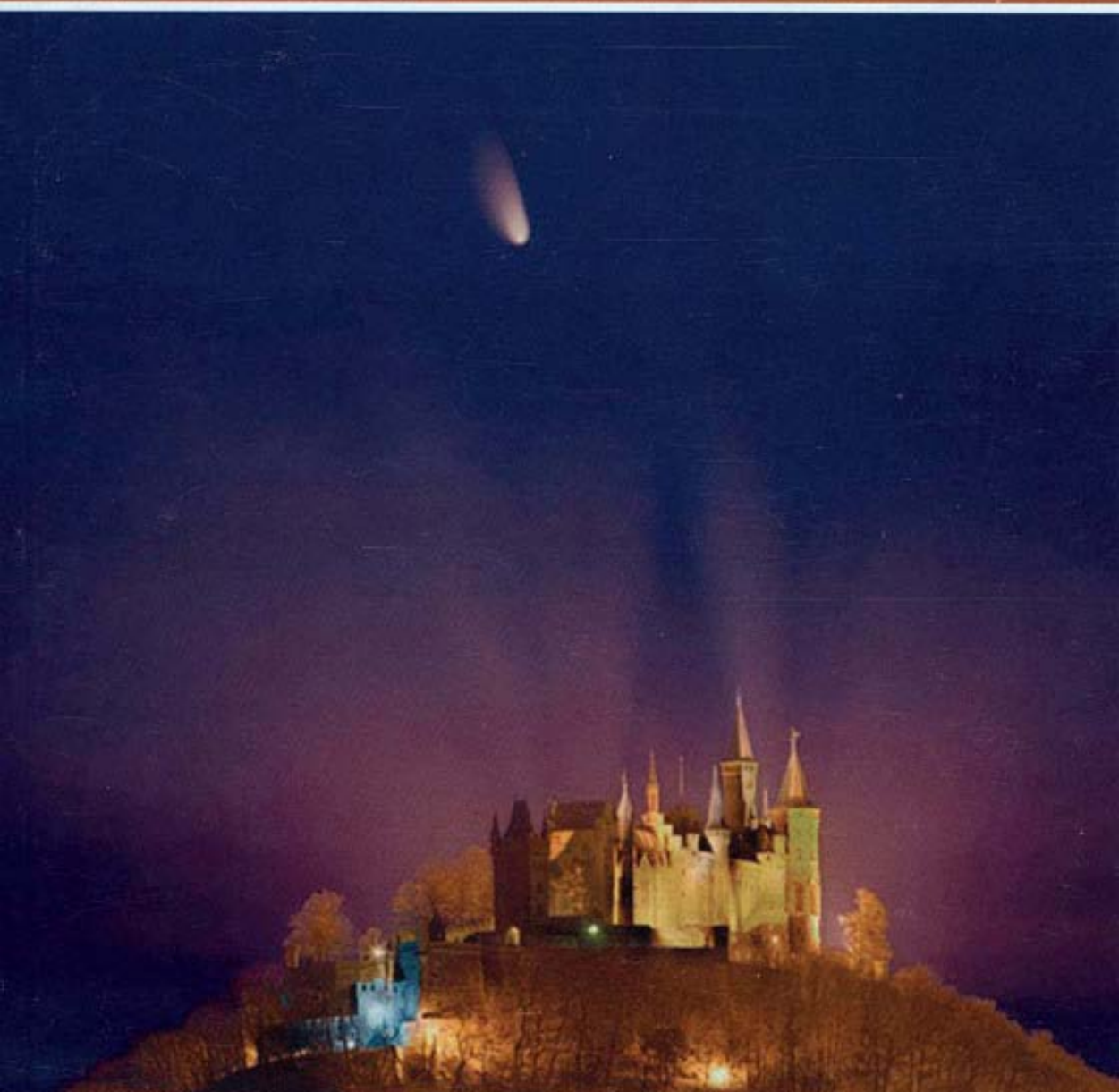


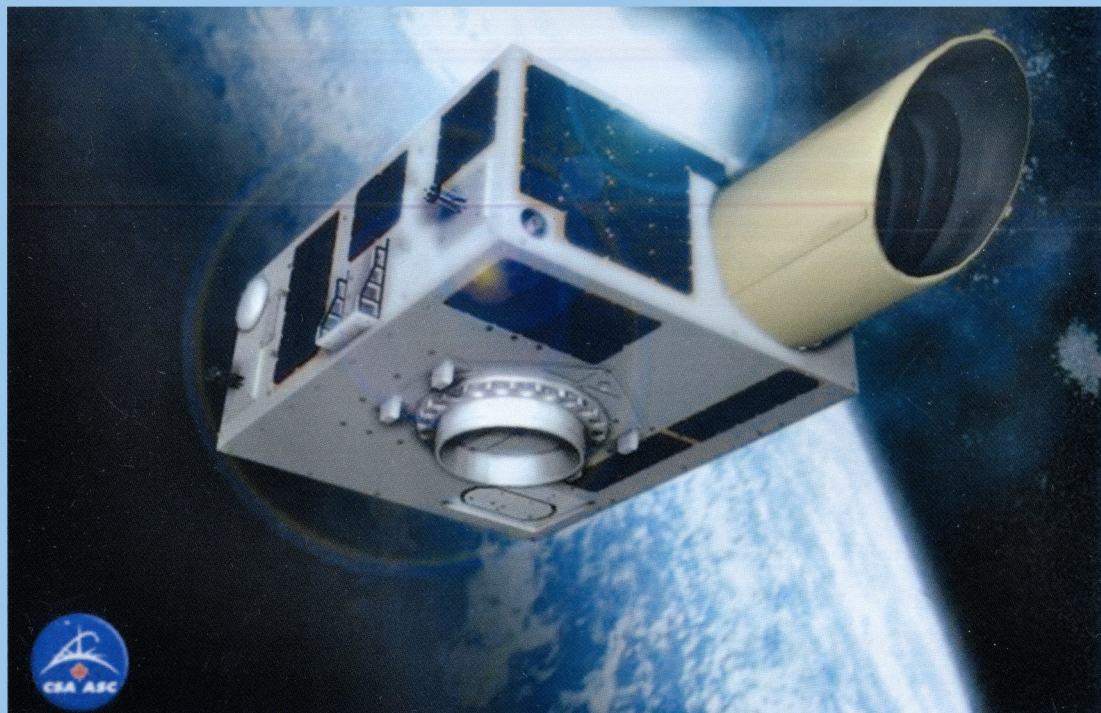
ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА

ИЮЛЬ-АВГУСТ

4/2013





Научно-популярный журнал
Российской академии наук
Издается под руководством
Президиума РАН
Выходит с января 1965 года
6 раз в год
“Наука”
Москва



Земля и Вселенная

4/2013

Новости науки и другая информация:

Последний прилет кометы Панстаррс [13]; Запуск канадского телескопа [45]; Солнце в феврале – марте 2013 г. [46]; Разрушение колец Сатурна [48]; Яркая комета 2013 г. [55]; Лунная программа [63]; Планы годового полета на МКС [68]; Постройка станции на астероиде [79]; КТХ нашел сверхновую [83]; “Чандра”: остаток сверхновой [90]; “WISE”: итоги работы [91]; Южная Корея запустила первый спутник [97]; Новое о ранней Вселенной [98]; МКС нашла темную материю [99]; Новый атлас Атлантики [100]; Запуск КА “Бион-М” [101]; Третий радиационный пояс Земли [101]; Карликовые галактики – спутники Млечного Пути [102]; Пульсары – космические часы [102]; Удаленные ультракрасные галактики [104]; Причина асимметрии Луны [105]; Вулканы сдерживают потепление [106]; “Кьюриосити” исследует Марс [110]

Новые книги: Подробно о космонавтике в США (А.Б. Железняков. “Секреты американской космонавтики. Почему американцы были вторыми в космосе?”) [106]; “Сто великих тайн космоса” (сборник статей) [108]

В номере:

- 3 РОДКИН М.В., ШАТАХЦЯН А.Р. Рудные месторождения – порождение круговорота вещества в тектоносфере
14 ЛУКИН В.П. Адаптивная оптика для астрономических наблюдений
33 УГОЛЬНИКОВ О.С. Температурный и оптический режим атмосферы Земли

ЛЮДИ НАУКИ

- 49 РУТКОВСКИЙ В.Ю. Борис Николаевич Петров (к 100-летию со дня рождения)
56 КИСЛЯКОВ А.Г., КРОТИКОВ В.Д. Всеволод Сергеевич Троицкий (к 100-летию со дня рождения)

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

- 64 РОМАНЮК И.И., ШОЛУХОВА О.Н. “Наблюдаемые проявления эволюции звезд”

ИСТОРИЯ НАУКИ

- 69 БАЛАНДИН Р.К. Биосфера как глобальный организм (к 150-летию со дня рождения В.И. Вернадского)

ОБСЕРВАТОРИИ, ИНСТИТУТЫ

- 80 СОЛОМОНОВ Ю.В., ПАРИЧЕНКО О.Ю. Астрономические праздники в парке Сокольники

ЛЮБИТЕЛЬСКОЕ ТЕЛЕСКОПОСТРОЕНИЕ

- 84 ДАВЫДОВСКИЙ Е.В., СУЛИМОВА О.А. Опыт тестирования любительской астрономической оптики

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 92 ШИВЬЁВ В.И. Небесный календарь: сентябрь – октябрь 2013 г.



© Российская академия наук
© Редколлегия журнала
“Земля и Вселенная” (составитель), 2013 г.

Zemlya i Vseennaya (Earth and Universe); Moscow, Maronovsky per., 26, f. 1965, 6 a year; by the Nauka (Science) Publishing House; Joint edition of the Russian Academy of Science; popular, current hypotheses of the origin and development of the Earth and Universe; astronomy, geophysics and space research; Chief Edition V.K. Abalakin; Deputy Editor V.M. Kotlyakov

На стр. 1 обложки: Комета Пан-старрса (PanSTARRS, C/2011 L4) над замком Гогенцоллерна, расположенном в 50 км от Штутгарта (Германия). 15 марта 2013 г. Фото Ш. Зипа (к стр. 13).

На стр. 2 обложки: Вверху – кан-надская космическая обсерватория “НЕОССат” (“NEOSSat”) на околоземной орбите. Рисунок CSA. Внизу – старт индийской РН “PSLV-C20” с космодрома им. С. Дхавана. 25 февраля 2013 г. Фото ISRO (к стр. 45).

На стр. 3 обложки: Туманность Ориона (M42, NGC 1976) размером 33 св. года, находящаяся на расстоянии около 1344 св. лет от Земли. Яркие горячие звезды – сине-зеленые (3,4 и 4,6 мкм), более прохладные объекты, такие как пыль, – красные (12 и 22 мкм). Один из последних снимков, сделанный в начале 2012 г. космической инфракрасной обсерваторией “WISE”. Фото NASA/JPL (к стр. 91).

На стр. 4 обложки: Остаток сверхновой W49B в созвездии Орла (26 тыс. св. лет от нас). Синтезированное изображение сделано в августе 2011 г. на основе снимков космической обсерватории “Чандра” (экспозиция – 61 ч 07 мин) и Паломарской обсерватории Калифорнийского технологического института. Фото NASA (к стр. 90).

In this issue:

- 3 RODKIN M.V., SHATAKHTSYAN A.R. Metalliferous Deposits – Creation of Cycle of Matter in Tectonosphere
- 14 LUKIN V.P. Adaptive Optics for Astronomical Observations
- 33 UGOL’NIKOV O.S. Thermal and Optical Structure of the Earth’s Atmosphere

PEOPLE OF SCIENCE

- 49 RUTKOVSKY V.Yu. Boris Nikolayevich Petrov (to the 100th Anniversary of Birth)
- 56 KISLYAKOV A.G., KROTIKOV V.D. Vsevolod Sergeyevich Troitskiy (to the 100th Anniversary of Birth)

SYMPOSIA, CONFERENCES, CONGRESSES

- 64 ROMANYUK I.I., SHOLUKHOVA O.N. “Observational Manifestations of Stellar Evolution”

HISTORY OF SCIENCE

- 69 BALANDIN R.K. Biosphere as a Global Organism (to the 150th Anniversary of V.I. Vernadsky’s Birth)

OBSERVATORIES, INSTITUTES

- 80 SOLOMONOV Yu.V., PARICHENKO O.Yu. Astronomical Holidays in Sokol’niki Park

AMATEUR TELESCOPE MAKING

- 84 DAVYDOVSKY E.V., SULIMOVA O.A. Experience of Testing the Amateur Astronomical Optics

AMATEUR ASTRONOMY

- 92 SHCHIV’YOV V.I. Celestial Calendar: September – October 2013

Редакционная коллегия

Главный редактор член-корреспондент РАН В.К. АБАЛАКИН
Зам. главного редактора академик В.М. КОТЛЯКОВ
доктор физ.-мат. наук А.А. ГУРШТЕЙН,
академик Л.М. ЗЕЛЁНЫЙ,
доктор исторических наук К.В. ИВАНОВ,
кандидат физ.-мат. наук О.Ю. ЛАВРОВА,
член-корр. РАН А.А. МАЛОВИЧКО, доктор физ.-мат. наук И.Г. МИТРОФАНОВ,
член-корр. РАН И.И. МОХОВ, член-корр. РАН А.В. НИКОЛАЕВ,
член-корр. РАН И.Д. НОВИКОВ, доктор техн. наук Г.А. ПОЛТАВЕЦ,
доктор физ.-мат. наук М.В. РОДКИН, доктор физ.-мат. наук Ю.А. РЯБОВ,
член-корр. РАН В.А. СОЛОВЬЁВ,
кандидат физ.-мат. наук О.С. УГОЛЬНИКОВ, член-корр. РАН В.П. САВИНЫХ,
академик А.М. ЧЕРЕПАЩУК, доктор физ.-мат. наук В.В. ШЕВЧЕНКО

Рудные месторождения – порождение круговорота вещества в тектоносфере

М.В. РОДКИН,
доктор физико-математических наук
Институт теории прогноза землетрясений
и математической геофизики РАН

А.Р. ШАТАХЦЯН
Геофизический центр РАН

В геофизике сейсмология – наиболее разработанный пример неравновесной динамики геологических систем. Статистика землетрясений описывается законом Гутенберга – Рихтера, который отвечает степенной зависимости числа землетрясений от их энергии. Но такой закон распределения свойственен не только землетрясениям. Несмотря на кажущееся резкое отличие мгновенно развивающихся землетрясений от почти “вечных” рудных месторождений,



многие статистические закономерности месторождений и землетрясений очень похожи. Поэтому неудивительно, что методологиче-



ские приемы, разработанные в сейсмологии, оказались плодотворными и при исследовании рудных месторождений.

Рудные месторождения – области многократного роста концентрации тех или иных необходимых человеку элементов или химических соединений. Как же возникают такие аномально высокие концентрации? Можно было бы предположить, что месторождения отражают первичную неоднородность химического состава недр Земли и возникают при плавлении (или ином процессе перераспределения) тех или иных объемов вещества, изначально обогащенного полезными компонентами. Порождаемые такими представлениями попытки найти корни рудообразующей системы, начать черпать руду из этого исходного высокообогащенного источника предпринимались многократно, но безуспешно. На месте ожидаемых корней рудообразующей системы оказывалось вещество с низкими, близкими к фоновым концентрациями рудного вещества.

Возможно также, что увеличение концентрации элементов и соединений происходит в месторождениях самопроизвольно в специфических условиях. Известно, что процессы в изолированных системах всегда протекают с увеличением энтропии. При росте энтропии проис-

ходит гомогенизация вещества. Все знают, что капля чернил в стакане воды расплывается, но никогда не собирается вновь. Однако при формировании рудных месторождений, по-видимому, происходит нечто противоположное.

Уменьшение энтропии возможно только в открытых системах, где такие процессы реализуются за счет потребления и перевода в тепло дополнительной энергии. Формирование месторождений – процесс накопления и концентрирования руды, приводящий к появлению пространственно неоднородной структуры, более организованной, то есть с меньшим уровнем энтропии. Естественно предположить, что формирование месторождений происходит в результате функционирования неких динамически неравновесных систем. Встает вопрос о выявлении таких систем и изучении их свойств.

Исследование динамических неравновесных систем предполагает применение специальных подходов и методов. Диссипативные динамические системы, синергетика, фракталы и степенные законы распределения – это популярные термины и идеи современной физики. Их родоначальниками были известные физики и математики XX в. И. Пригожин, Г. Хакен, Г. Мандельброт. Несколько менее известен

их старший коллега – итальянский математик и экономист В. Парето, открывший степенные законы распределения в экономике.

Первый степенной закон в науках о Земле – закон повторяемости землетрясений Гутенберга – Рихтера – был открыт в середине прошлого века. Этот закон гласит, что число землетрясений (N) с энергией E и более описывается соотношением $N = k \times E^a$, где k – коэффициент, а показатель степени a обычно близок к -1 . Чаще закон Гутенберга – Рихтера записывается несколько иначе, через величину магнитуды землетрясения, которая определяется через логарифм от энергии землетрясения. Соотношение параметров закона Гутенберга – Рихтера таково, что значительная часть всей сейсмической энергии оказывается выделенной при сильнейшем землетрясении. Такой характер распределения резко отличен от того, к чему мы привыкли. Согласно закону Гаусса, определяющему частоту возникновения событий, изменений или любых других исследуемых величин, максимальное по величине явление дает незначительный вклад в окончательный результат. Степенные законы были открыты сначала в экономике. Первым степенным законом в неживой природе стал закон



Гутенберга – Рихтера, он быстро приобрел статус основного закона сейсмологии. Оказалось, в частности, что значение показателя степенного распределения α характеризует сейсмический процесс (например, большие значения α типичны для вулканических землетрясений), а уменьшение значений α может указывать на близкое сильное землетрясение. К настоящему времени анализу проявлений закона Гутенберга – Рихтера в разных условиях посвящено много работ.

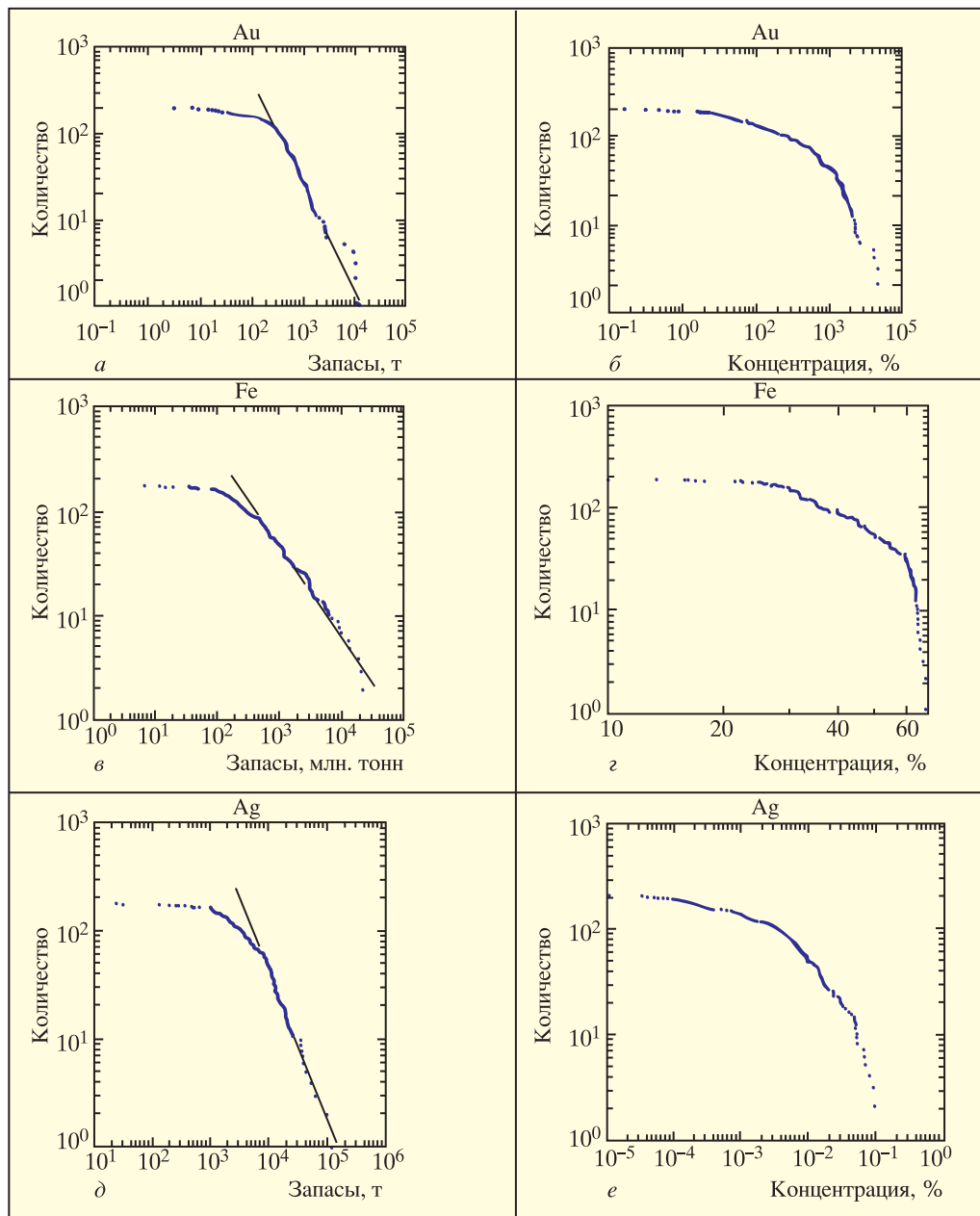
Активность ученых-сейсмологов обусловлена важностью задачи исследования землетря-

сений и наличием богатого фактического материала. В результате сейсмология оказалась “полигоном”, где получили развитие и были опробованы новые методы и подходы к изучению динамических систем. В дальнейшем многие из таких наработок использовались в других областях, например при прогнозировании экономических рецессий, всплеск числа опасных преступлений, результатов выборов.

Авторы применили разработанные в сейсмологии подходы к исследованию законов распределения, расчету и интерпретации величин

Старое месторождение мрамора в Рускеале (Карелия). Шведы начали добывать здесь мрамор в XVII в. Мрамор использовался при отделке Казанского и Исаакиевского соборов в Санкт-Петербурге. Сейчас на месте старых выработок образовались карьеры, прорезанные системой шахт, штолен и штреков. В 2005 г. здесь был создан Горный парк Рускеала. Фото авторов.

фрактальной корреляционной размерности в исследовании рудных месторождений.



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПАСОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Статистические исследования рудных месторождений стали возможны лишь в последнее время, после того как были сформированы

Графики типичных распределений запасов золота, железа, серебра (а, в, д) и их концентраций в рудных месторождениях (б, г, е). Слева – точками отмечены объемы рудных месторождений, соответствующие степенному закону. Справа – их концентрации, отвечающие логнормальному распределению.



Гусевогорское (Качканарское) месторождение магнетитовых руд титана. Большие запасы руды, расположенной близко к поверхности, делают это месторождение основной рудной базой Северного и Центрального Урала.

достаточно большие базы данных о запасах, концентрациях руды и пространственном расположении рудных месторождений. Месторождения во многих аспектах оказались более сложными и разнообразными объектами, чем землетрясения. Месторожде-

ния характеризуются не только мощностью запасов, но и концентрацией рудного вещества, например золота, железа, серебра. При анализе мы использовали данные географической информационной системы по крупным и сверхкрупным месторождениям мира.

В двойных логарифмических координатах уже упомянутый закон Гутенберга – Рихтера описывается прямой линией. Все приведенные эмпирические распределения мощности запасов в средней (довольно протяженной) части такого графика также хорошо описываются прямой линией. Это и означает применимость степенного закона распреде-

ления при описании запасов месторождений. Отклонение от прямолинейности на накопительном графике объемов месторождений с меньшими запасами связано с неполнотой информации о них. Графики распределения числа землетрясений в области редких сильнейших землетрясений также иногда загибаются вниз. Этот эффект хорошо известен для землетрясений и связан с невозможностью возникновения землетрясения с бесконечной энергией или месторождения с бесконечным количеством запасов.

Специальные статистические тесты подтверждают, что степенное распределение

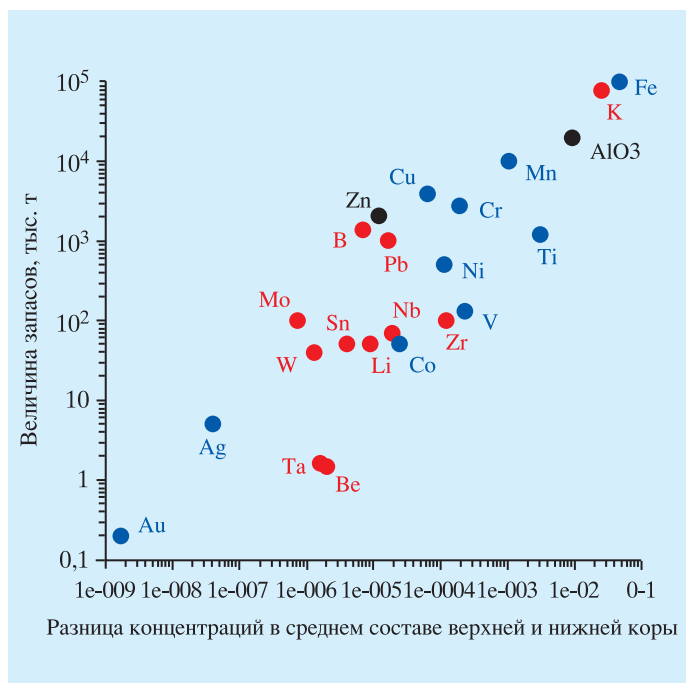


График средних концентраций элементов в верхней и нижней коре в сопоставлении с характерными значениями запасов крупных месторождений. Красными кружками отмечены существенно большие концентрации элемента в верхней континентальной коре, синими – в нижней коре, черными – примерно равные концентрации в верхней и нижней коре. Прослеживается связь запасов месторождений с различиями концентраций элементов в верхней и нижней коре.

применимо для описания запасов рудных месторождений, а логнормальное – для представления концентрации руд в месторождениях.

ФОРМИРОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Обсудим теперь, как происходит процесс формирования месторождений, исходя из выявленного соответствия запасов и концентрации руд степенному и логнормальному закону соответственно.

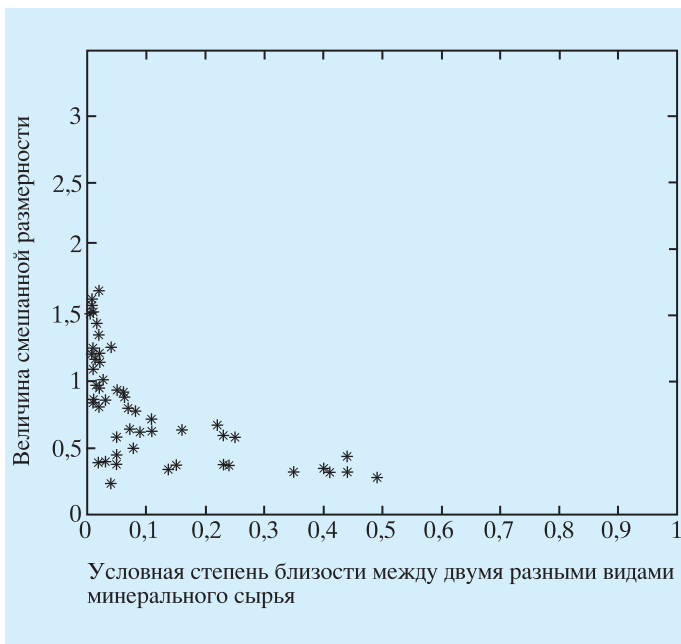
Закон распределения концентраций руд можно трактовать как следствие формирования месторождений в результате серии последовательных независимых эпизодов концентрирования рудной

компоненты. При этом логнормальный закон распределения получается в результате перемножения случайных коэффициентов обогащения на каждом из этапов обогащения. Отметим, что полистадийность процессов формирования крупных месторождений, типичность их образования в ходе нескольких процессов обогащения отмечается в обобщающей многотомной монографии, вышедшей в 2006 г. под редакцией академика Д.В. Рундквиста, как характерная черта процессов рудогенеза.

Перейдем к обсуждению более сложного возможного механизма реализации степенного закона Гутенберга – Рихтера. Прежде всего,

сам факт использования степенного закона распределения весомерно подкрепляет сделанное выше предположение о динамическом характере рудообразующей системы. Действительно, реализацию степенного закона распределения принято считать характерным признаком именно динамических существенно неравновесных систем. Вернемся к более исследованному примеру землетрясений. Лавинообразность развития сейсмогенерирующей трещины хорошо отвечает природе землетрясения как процессу разрушения материала по разлому. Действительно, чем длиннее трещина (вскрытый сегмент разлома), тем на

График взаимосвязи совместного залегания двух разных видов рудного сырья в одном месторождении и взаимного расположения месторождений этих двух видов сырья дает возможность количественно охарактеризовать степень близости видов минерального сырья и строить на этой основе схемы кластеризации и классификации руд.



большее расстояние распространяется концентрация напряжений на краях трещины, тем на большее расстояние трещина увеличивается на следующем этапе своего развития. Несмотря на простоту, такая масштабно инвариантная модель довольно информативна. Она не только поясняет происхождение закона Гуттенберга – Рихтера, но и моделирует ряд известных признаков роста сейсмической опасности. Введение в эту модель памяти о прошлых состояниях режима сейсмичности позволяет описать также убывающий каскад землетрясений (афтершоковый) и нерегулярную предвестниковую (форшоковую) активизацию.

Для случая месторождений нефти и газа можно предложить в значительной мере аналогичную модель лавинообразного развития. В пользу такой модели свидетельствует эффект современного пополнения нефтегазовых месторождений. Так, в Татарстане из глубоких месторождений в кристаллических (не осадочных) породах уже закачено гораздо больше нефти, чем оценивалось изначально. И конца этим запасам пока не видно. Показателен пример и чеченских месторождений. Некоторые из них (в том числе неглубокие) казались полностью выкачанными в результате десятилетий разработки. Однако за время чеченских событий многие такие заброшенные

скважины заново наполнились нефтью. Скорость пополнения углеводородных месторождений оказалась примерно пропорциональной их запасам, то есть большие месторождения подпитываются более интенсивно. С позиций математики это означает, что тенденция скорости пополнения запасов месторождений именно такая, какая приводит к формированию степенного закона распределения, ожидавшегося в рамках нашей модели.

Современные рудные месторождения также иногда пополняют свои запасы (согласно публикациям академика Л.И. Красного с соавторами). Однако механизм быстрого (в геологическом смысле) и лавино-

образного формирования рудных месторождений вряд ли может считаться типичным. Поэтому в качестве наиболее вероятного механизма была предложена иная модель, согласно которой распределение запасов в месторождениях задается величиной объемов горных пород, вовлеченных в те или иные тектонические процессы.

Мы установили тесную связь значений средней концентрации различных химических элементов в составе верхней и нижней коры с характерными значениями запасов месторождений соответствующего элемента. Коэффициент корреляции разности концентраций и соответствующих запасов крупных месторождений оказался очень высоким – 98%. Такая корреляция указывает на то, что решающую роль в формировании играет разность концентраций в верхней и нижней коре, а не среднее содержание соответствующего элемента в земной коре. Авторы нашли общий механизм формирования рудных месторождений, позволяющий объяснить отсутствие изначальных корней месторождений, а также указать источник энергии для их формирования. Можно предположить, что формирование крупных рудных месторождений является побочным эффектом переработки и перемещения

гигантских количеств вещества из одного резервуара в другой. Этими резервуарами могут быть, например, верхняя континентальная кора, нижняя кора, океаническая кора. Излишние для образуемого резервуара элементы (соединения) неизбежно отбрасываются, они и становятся исходным сырьем при формировании месторождений. Физическим механизмом концентрирования рудных компонент может быть при этом хорошо известный процесс отделения относительно менее совместимых компонент в процессах метаморфических превращений и/или плавления горных пород. Избыточные компоненты выносятся в растворенном виде (или в расплаве) и откладываются, формируя месторождения. Процесс формирования месторождений напоминает схему работы обогащительного комбината.

В рамках предположений гипотетической схемы максимально возможный объем запасов месторождения пропорционален разнице концентраций рудного компонента в исходном и конечном резервуарах. Степенной характер запасов при этом в значительной степени обуславливается степенным же законом распределения горных пород, вовлеченных в тектони-

ческий процесс и испытывающих превращение из одного резервуара в другой. Размеры блоков горных пород, литосферных плит и расплава при мегаизвержениях вулканов распределены по степенному закону.

ФРАКТАЛЬНАЯ РАЗМЕРНОСТЬ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В ходе исследования сейсмического режима был разработан и успешно применен метод расчета фрактальной размерности (D), учитывающий сложную структуру исследуемого объекта. Величина фрактала (в частности, корреляционная) позволяет охарактеризовать общие закономерности пространственного расположения очагов землетрясений. Можно установить, имеют ли землетрясения тенденцию происходить недалеко друг от друга, формируют они скопления изометричной или линейной формы либо тяготеют к некоторой площадке (разлому). Такой подход показал себя весьма полезным при исследовании сейсмического процесса.

Ситуация с месторождениями по сравнению с землетрясениями более сложная. Все землетрясения – явления одного класса. Глубокие землетрясения (происходящие на глубинах в сотни километров) и вулканические землетрясения (связан-



ные с прорывом расплавленных масс) по своим свойствам весьма существенно отличаются от обычных неглубоких тектонических землетрясений. Разделить землетрясения на четко различающиеся между собой классы сложно. Месторождения же отчетливо делятся на разные классы. Естественно задаться вопросом о характере взаимного расположения месторождений разных классов (железа и меди, золота и серебра, алмазов и фосфора, вообще любых двух отчетливо различающихся групп месторождений).

Чтобы оценить объемы взаимного расположения объектов разных классов, обычная формула расчета корреляционной

размерности, предполагающая существование объектов только одного класса, не подходит. Но эта обычная формула легко может быть обобщена на случай объектов двух разных классов. Так мы и поступили. Расчеты выявили неожиданный результат, натолкнувший нас на мысль подробнее рассмотреть ранее не использованное понятие “смешанной корреляционной размерности” и объяснить это следствием того, что эти виды рудного сырья (с $D = 2$ и более) скорее всего, взаимно отталкиваются, то есть требуют геологически разных условий формирования.

В чем же дело? В результате проведенных авторами численных экс-

Остров с крупным месторождением алмазов Дайвик Диамонд Майн (Diavik Diamond Mine) в Канаде, открытым в 2013 г. Фото Дайвик Диамонд Майн.

периментов выяснилось, что такие аномальные значения корреляционной фрактальной размерности D возможны, если между двумя рассматриваемыми классами точечных объектов (в нашем случае между месторождениями двух классов) существует отталкивание. Его причиной может быть различие геологических условий, необходимых для образования месторождений разных классов. Тогда в окрестности месторождений одного класса месторождения дру-



Карьер медного месторождения Бингхэм Каньон (Bingham Canyon) в штате Юта (США) считается самым глубоким рудным месторождением, разрабатываемым открытым методом с 1906 г. Его ширина – 4 км, глубина – 1,2 км. Фото общества Национальных исторических памятников США.

гого класса, требующие для своего возникновения иных геологических условий, образовываться не могут.

Близость двух разных видов рудного сырья можно оценить и по тому, насколько часто эти два вида сырья встречаются

в одном месторождении. Известно, например, что в одном и том же месторождении часто встречаются свинец и цинк или золото и серебро. Если теперь сравнить такую степень близости между двумя разными видами сырья с полученными выше значениями фрактальной корреляционной зависимости, то между ними видна очевидная связь. Такое согласие весьма убедительно, ведь при расчете фрактальной размерности мы не учитывали, какие еще виды сырья содержатся в том или ином месторождении. Когда мы рассчитывали вероятность при-

сутствия разных видов сырья в одном месторождении, то не принималось в расчет, насколько близко или далеко отстоят какие-либо другие месторождения.

ВНОВЬ О МЕТОДОЛОГИИ НАУКИ

Применение методик, изначально разработанных для исследования сейсмичности, оказалось весьма продуктивным и при исследовании месторождений. Это вполне ожидаемо, ведь методы, показавшие себя полезными при исследовании одного вида динамических систем (сейсмогенных), окажутся

полезными и для систем другого вида (рудогенерирующих). Ожидаемо и то, что распространение методик на новую проблемную область привело к их определенному обогащению.

Возникает вопрос, в какой степени выявленные формально-математическими методами

свойства месторождений окажутся полезными специалистам по рудным месторождениям и геологам. Авторы не решаются ответить на этот вопрос. Иногда нет пользы от сопоставлений природных систем с абстрактными математическими конструкциями. Однако мы в нашем ис-

следовании используем именно математическую модель и получили интересные выводы. Авторы надеются, что результаты применения аппарата исследования неравновесных динамических систем окажутся более плодотворными для исследования месторождений.

Информация

Последний прилет кометы Панстаррс

Комета Панстаррс (PanSTARRS, C/2011 L4) – одна из двух ярчайших комет года. В марте – апреле 2013 г. ее блеск достиг -4^m ; и она стала доступна для наблюдений невооруженным глазом и фотографирования (см. стр. 1 обложки). Диаметр комы кометы Панстаррс увеличился с 50 тыс. км в феврале 2012 г. до 120 тыс. км в октябре. 10 марта 2013 г. комета прошла перигелий (190 млн км от Земли), приблизившись к Солнцу на минимальное расстояние – 0,3 а.е. (около 45 млн км), затем стала удаляться от Солнца (Земля и Вселенная, 2013, №№ 1, 2).

Открыта комета 6 июня 2011 г. в Обсерватории PanSTARRS на Гавайях как объект с блеском 19^m . Она сформировалась в Облаке Оорта, откуда была вытолкнута во внутренние обла-

сти Солнечной системы в результате гравитационных взаимодействий. Мы больше никогда не увидим комету, так как ее орбитальный период, по оценкам ученых, около 110 тыс. лет (!).

Блеск кометы Панстаррс, скорее всего, будет сравним с блеском кометы C/2012 S1 (ISON). C/2012 S1 (ISON) в ноябре 2013 г. пройдет перигелий.



Комета Панстаррс и Туманность Андромеды (M31; указана стрелкой). Снимок сделал 3 апреля 2013 г. астроном-любитель Г.В. Борисов. Самодельный телескоп "Гепол 300/1.5" ($D = 200$ мм, $F = 300$ мм) с ПЗС-камерой FLI ML 16803 (экспозиция – 24 мин). Крым, пос. Научный.

с блеском кометы C/2012 S1 (ISON). C/2012 S1 (ISON) в ноябре 2013 г. пройдет перигелий.

По материалам информ-
агентств,
6 марта 2013 г.

Адаптивная оптика для астрономических наблюдений

В.П. ЛУКИН,
доктор физико-математических наук
Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН,
г. Томск

Большинство знаний о строении Вселенной человек получил, применяя для наблюдений астрономические оптические инструменты. Можно считать, что новая эра в познании Вселенной началась в 1610 г. с наблюдений Г. Галилея, использовавшего свой первый телескоп. Следующие четыре столетия астрономическая техника непрерывно совершенствовалась, но особенно стремительно это происходило во второй половине XX в. (Земля и Вселенная, 2009, № 1). Более современные инструменты и средства наблюдения позволили достичь поразительных успехов в астрономии, это привело к революционным изменениям наших представлений о



Вселенной. Были сделаны важные открытия в области звездной и внегалактической астрономии: обнаружены протопланетные диски и планетные системы у близких к нам звезд; найдены убедительные признаки существования массивных черных дыр в ядрах многих галактик, включая нашу;

установлен возраст квазаров и удаленных галактик. Строительство мощных оптических телескопов нового поколения с главным зеркалом диаметром 8–10 м привело к быстрому росту общей собирающей площади телескопов. Переход на новый уровень астрономических исследований потребовал специальных оптико-электронных приборов – систем адаптивной оптики. Главная задача систем адаптивной оптики – коррекция атмосферных искажений и повышение разрешающей способности телескопов, улучшение качества формируемых изображений небесных объектов.



НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕЛЕСКОПОСТРОЕНИИ

Во второй половине XX в. появились крупные наземные оптические астрономические телескопы. Это стало возможным благодаря современной компьютерной технике и системам управления, совершенствованию оптических фотоприемников, развитию технологии изготовления крупных светосильных астрономических зеркал, а также успешному применению систем адаптивной оптики для коррекции искажений, обусловленных техническими ошибками и турбулентностью земной атмосферы. В этом ряду новшеств на первое

место можно поставить развитие технологии изготовления составных астрономических инструментов. Самый крупный телескоп, оборудованный сплошным толстым зеркалом, – это отечественный 6-м Большой альт-азимутальный телескоп (БТА), установленный на горе Семиродники близ поселка Нижний Архыз в Зеленчукском районе Карачаево-Черкесской Республики. БТА стал первым телескопом с альт-азимутальной монтировкой и компьютерным управлением (Земля и Вселенная, 1977, № 6). В 1975 г. завершилась эра разработки телескопов, оборудованных толстым сплошным главным

Российский 6-м телескоп БТА на горе Семиродники близ поселка Нижний Архыз.

зеркалом, для сохранения формы которого применяется только пассивная стабилизация.

Безусловно, революционным шагом можно считать использование в оптической астрономии телескопов с составным (или тонким сплошным) главным зеркалом. Переход от сплошных толстых зеркал к составным зеркалам, применение систем активной разгрузки обеспечивают сохранение нужной формы их поверхности при различ-



Обсерватория Ла Силла в Чили – часть Европейской Южной Обсерватории. На переднем плане – Телескоп Новых Технологий (NTT).

ных положениях зеркала. В 1978 г. в СССР был построен первый составной телескоп – АСТ-1200. С 1989 г. в Европейской Южной Обсерватории (Ла Силла, Чили) успешно работает Телескоп Новых Технологий (NTT), снабженный тонким активным зеркалом диаметром 3,56 м (Земля и Вселенная, 1998, № 5, с. 98; 1998, № 6, с. 95; 2001, № 5, с. 80–82; 2002, № 3, с. 43). Оборудование телескопа составным или тонким главным

зеркалом существенно уменьшило его вес, что кардинально снизило стоимость изготовления телескопа в целом. Появились крупные телескопы с существенно увеличенной собирающей площадью зеркал. На них были установлены высокоэффективные приемники излучения и компьютерные системы, что обеспечивает чрезвычайно высокую точность наведения и гидирования.

Благодаря современным достижениям оптики и электроники с помощью этих астрономических телескопов нового поколения можно получать изображения, качество которых близко к дифракционному. Тенденция создания все более крупных инструментов осо-

бенно четко проявилась в конце XX в. – начале XXI в. Телескопы ММТ с зеркалом диаметром более 6 м (два Магеллановых телескопа в Обсерватории Лас-Кампанас в Чили) и 8–10-м телескопы Keck I & Keck II, VLT, SUBARU, GEMINI North & South, LBT, SALT, HET, GTC стали обычными в практике наблюдений (Земля и Вселенная, 2004, № 2; 2007, № 6, с. 92). Наиболее крупные современные телескопы – Keck I & Keck II, HET (Hobby & Eberly), SALT, GTC – изготовлены с применением технологий составного главного зеркала. К важнейшим элементам телескопов с составным главным зеркалом относят системы согласования и активного поддержания его формы.

Таблица 1

ТЕЛЕСКОПЫ И ПРОЕКТЫ НОВЫХ ТЕЛЕСКОПОВ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ СИСТЕМЫ АО

Название телескопа	Тип главного зеркала, размер	Место расположения, высота	Принадлежность телескопа	“Первый свет” телескопа	Наличие адаптивной системы
MMT (вторая версия)	Сотовое, толстое, 6,5 м	Гора Хопкинса, Аризона, США, 2600 м	США	1998	Использован датчик Шэка – Гартмана (Ш-Г)
Keck I	Активное, составное (91 элемент), 10 м	Обсерватория Мауна-на-Кеа, Гавайи, США, 4145 м	США	1994	SCAO на основе датчика Ш-Г
Keck II	Параболическое, составное (91 элемент), 10 м	Обсерватория Мауна-на-Кеа, Гавайи, США, 4145 м	США	1996	SCAO на основе датчика Ш-Г
GEMINI-N	Сплошное, тонкое, активное, 8,19 м	Обсерватория Мауна-на-Кеа, Гавайи, США, 4145 м	Аргентина, Австралия, Бразилия, Канада	1999	SCAO на основе датчика Ш-Г
GEMINI-S	Сплошное, тонкое, активное, 8,19 м	Гора Серро-Пачон, Чили, 2620 м	Чили, Великобритания, США	2002	SCAO, использовано 5 датчиков Ш-Г, в 2013 г. будет введено MCAO
VLT (Очень Большой Телескоп)	4 × 8,2 м	Обсерватория Серро-Параналь, Чили, 2635 м	Европейская Южная Обсерватория	Первый из четырех телескопов VLT начал работу в 1999 г.	MCAO с датчиком кривизны, четыре датчика Ш-Г
SUBARU	Тонкое, активное, 8,2 м	Обсерватория Мауна-на-Кеа, Гавайи, США, 4260 м	Япония	1998	SCAO, датчик кривизны волнового фронта

Таблица 1 (окончание)

Название телескопа	Тип главного зеркала, размер	Место расположения, высота	Принадлежность телескопа	"Первый свет" телескопа	Наличие адаптивной системы
LBT (Большой бинокулярный телескоп)	2 × 8,4 м	Обсерватория Маунт Грахам, Аризона, США, 3300 м	США	2005/2007	Шесть датчиков Ш-Г
GMT (MAGELLAN)	7 × 8, 4 м	Обсерватория Лас-Кампанас, Чили	США	Осуществляемый проект	Планируется использование АО
GTC	10 м, аналог HET	Обсерватория Лас-Пальмас, Канарские острова	Испания	2002	Планируется использование АО
SALT	11 м	Южная Африка	ЮАР	2006	Планируется использование АО
ELT	Аналог HET	Идет выбор места	США	Проект	Планируется использование АО
TMT	42 м	Идет выбор места	США	Проект в стадии выполнения	Планируется использование АО
EURO-50	50 м	Канарские острова	Швеция, Дания, Исландия	Проект остановлен	Планируется использование АО
OWL	100 м	Проект	Германия, Швеция, Дания	Проект	Планируется использование АО

Примечание. В таблице использованы сокращения: SCAO – фазосопреженная адаптивная коррекция, выполняемая одним зеркалом; MCAO – многосопреженная коррекция, выполняемая несколькими зеркалами.



В телескопах VLT, SUBARU, GEMINI North & South установлены тонкие активные зеркала. Они изготавливаются методом спекания элементов тонкого профиля с последующей шлифовкой и полировкой всего зеркала при активном поддержании его формы специальной системой.

В настоящее время реализуются еще более крупные проекты: Гигантский Магелланов Телескоп (GMT), состоящий из семи 8,4-м зеркал, и 30-м телескоп (TMT). Успехи в телескопостроении последних десятилетий дают реальную основу даже для таких проектов, как Европейский

Экстремально Большой Телескоп (Е-ELT) с зеркалом диаметром 38–42 м, 50-м телескоп EURO-50 и 100-м Ошеломляюще Большой Телескоп (OWL). Сегодня они оцениваются как вполне осуществимые. Для регистрации излучения от самых слабых небесных объектов необходимы новые крупные телескопы, оборудованные инструментами с предельной чувствительностью. К задачам современной астрономии относятся попытки понять происхождение Вселенной, исследование механизмов образования и эволюции звезд, галактик и планетных систем, физи-

Проект Гигантского Магелланова Телескопа (GMT).

ческих свойств материи в экстремальных астрофизических условиях, а также астрофизических аспектов зарождения и существования жизни во Вселенной.

ЗАЧЕМ НУЖНА
АДАПТИВНАЯ ОПТИКА?

Главная помеха при наземных астрономических наблюдениях — земная атмосфера. Возникающие при турбулентном движении атмо-

сферы случайные неоднородности показателя преломления существенно снижают предельное угловое разрешение и приводят к потере проникающей способности оптического телескопа. Они вызывают хорошо известные астрономам эффекты: размытие, дрожание и мерцание оптического изображения. В задачу адаптивной оптической системы коррекции входит подавление атмосферного размытия изображения и обеспечение углового разрешения астрономического инструмента, близкого к дифракционному пределу.

Астрономическая техника непрерывно совершенствуется, но единственным перспективным направлением повышения проникающей способности телескопов остается увеличение размеров собирающих поверхностей зеркала. Эффективность телескопа определяется возможностью обнаруживать слабые небесные объекты и ограничивается влиянием земной атмосферы в целом. Действие именно атмосферной турбулентности снижает угловую разрешающую способность телескопа. Если в условиях свободного пространства (для вакуума) предельное угловое разрешение системы оценивается как величина, равная отношению длины волны излучения

к диаметру апертуры телескопа, то в условиях действия турбулентности она ограничивается отношением длины волны излучения к радиусу когерентности атмосферы. В свою очередь, радиус когерентности атмосферы определяется поведением вертикального профиля структурной характеристики атмосферной турбулентности. Даже для лучших обсерваторий мира, к которым относятся обсерватории, расположенные в Чили, на Гавайях и Канарских островах, типичное значение радиуса когерентности атмосферы не превышает 10–20 см для оптических волн видимого диапазона. Поэтому из-за атмосферной турбулентности реальное угловое разрешение современных астрономических инструментов в 10–100 раз хуже дифракционного предела и составляет порядка одной угловой секунды. Устранять влияние атмосферных искажений на изображение призваны системы адаптивной оптики (АО). В полном объеме реализовать свою эффективность крупные телескопы могут только с помощью систем АО, практически неотъемлемого элемента современного астрономического инструмента.

Что же такое адаптивная оптика и как началось ее применение? Еще в конце 1950-х гг.

были выдвинуты идеи по развитию адаптивной оптики, которая была призвана компенсировать атмосферные искажения волнового фронта. Практически одновременно свои идеи опубликовали Х. Бэбкок в США и В.П. Линник в СССР. Так, В.П. Линник высказал идеи по принципиальной возможности активной компенсации атмосферных искажений при астрономических наблюдениях с помощью зеркальных устройств с составной или сплошной деформируемой поверхностью. Х. Бэбкок предложил для этой цели управляемые оптические элементы с обратной связью.

ЭЛЕМЕНТЫ АДАПТИВНОЙ ОПТИКИ

Как же устроена современная система АО применительно к астрономии? Телескоп снабжается рядом дополнительных устройств и систем. Искаженный турбулентными неоднородностями волновой фронт отражается от главного и вторичного зеркал телескопа и попадает на специальное устройство – корректор волнового фронта. Это система динамически управляемых зеркал, обеспечивающих стабилизацию положения и коррекцию формы волнового фронта. Как правило, одно из зеркал



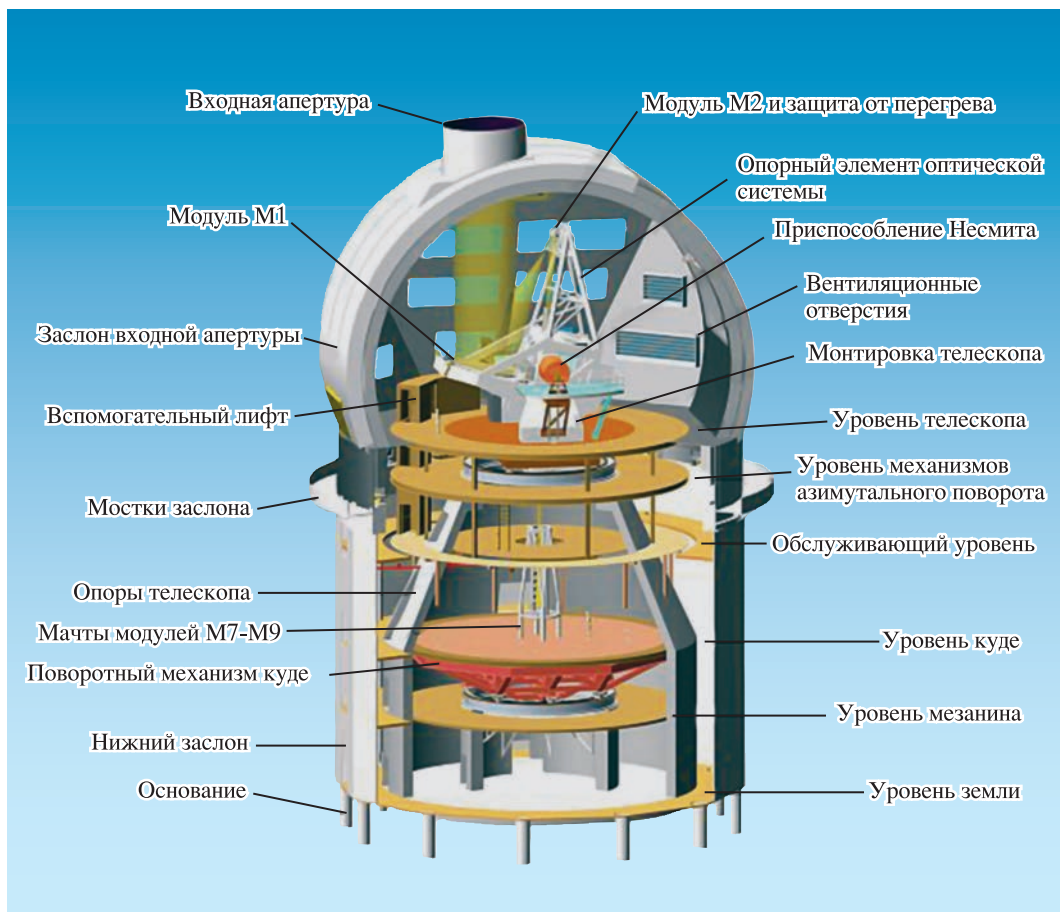
корректора – плоское, управляемое по наклонам, второе – сложное деформируемое зеркало. Часть энергии излучения от исследуемого объекта направляется в изображающую фотокамеру, остальная часть – на датчик волнового фронта, измеряющий фазовые aberrации в оптической волне и формирующий сигналы управления корректором. Стабилизация изображения и коррекция атмосферных искажений осуществляется сигналами управления, формируемыми в датчике волнового фронта с вы-

соэффективными компьютерами для обеспечения работы системы коррекции изображения в реальном времени. В результате система АО устраняет ограничения, накладываемые земной атмосферой на качество изображения. Исправление искажений производится в поле зрения телескопа порядка 1–2'.

Адаптивная оптика применяется в крупных обсерваториях, чтобы значительно улучшить качество изображения. В простейшей форме в системе АО есть только

Принципиальная схема системы адаптивной оптики. Турбулентность атмосферы исправляется деформируемым зеркалом у выходного зрачка телескопа. Сигналы приходят от датчика волнового фронта, измеряющего оптические aberrации, сводящиеся к нулю изменением формы зеркала. Свет дают опорная звезда и изучаемый объект, изображение которого исправляется.

одно зеркало для коррекции наклонов волнового фронта, стабилизирующее положение



Устройство телескопа с системой адаптивной оптики.

звезды, изображение которой искажается из-за атмосферных колебаний. Скоростная видеокамера датчика волнового фронта применяется для измерения случайных смещений положения звезды и управления коррекцией наклонов волнового фронта на апертуре телескопа,

называемой коррекцией первого порядка. Для коррекции фокусировки, астигматизма, комы и других aberrаций фазового фронта необходима система коррекции высокого порядка. Такие системы обычно используют деформируемые зеркала с изменяемой формой.

Характерная особенность адаптивных систем – одновременное выполнение процессов измерения, коррекции и управления. Принципы функционирования систем АО основываются

на свойствах линейности, взаимности и квазистационарности атмосферы. Поэтому чтобы эффективно применять системы АО, необходимо обеспечить соответствующие требования к адаптивному контуру. Для правильной оценки требуемых параметров системы АО, в свою очередь, необходимо знание некоторых параметров, характеризующих атмосферную турбулентность как искажающую среду:

– это, прежде всего, радиус когерентности оптической волны, прошед-



Тестирование главного зеркала на одном из крупных телескопов.

шей через атмосферу от звезды до телескопа. Этот параметр определяет необходимый размер субапертуры в датчике волнового фронта;

– следующая характеристика случайной среды – “время замороженности” турбулентных флуктуаций. Оно определяет требуемое быстроедействие системы АО или допустимую временную задержку сигнала в контуре обратной связи системы АО. Эта допустимая временная задержка зависит от уровня турбулентных флуктуаций и средней скорости ветра и обычно для астрономических наблюдений не превышает 10^{-3} – 10^{-2} с;

– еще один оцениваемый параметр системы – угол изопланатизма системы. Эта величина определяет максимально допустимую величину углового рассогласования между направлением на изучаемый небесный объект и направлением на яркую звезду, используемую как опорная. Данный параметр определяется как отношение радиуса когерентности атмосферы к величине эффективной толщи атмосферы и составляет примерно 10–20”;

– кроме этого, необходимо оценить величину внешнего масштаба турбулентности атмосферы, которая определяет дисперсию флуктуаций

фазовых искажений. Этот параметр становится особенно важным для предельно больших телескопов с зеркалом размером более 25–30 м.

Вышеперечисленные параметры, характеризующие атмосферную турбулентность, могут быть рассчитаны на основе измерений самой структуры атмосферной турбулентности в районе обсерватории. Эти параметры позволяют оценить размер субапертуры, общее число субапертур датчика вол-



10-м телескопы Кеск Обсерватории Мауна Кеа на Гавайях.

нового фронта, число элементов управления корректирующего зеркала, его динамический диапазон, частоту работы фиксирующей камеры, полосу частот работы активного зеркала, быстродействие вычислительного устройства. Эффективность крупных телескопов с точки зрения возможности детектировать слабые космические объекты оценивается по величине параметра Штреля и без адаптивной коррекции составляет тысячные доли, в то же время применение системы АО может повысить величину

этого параметра, а следовательно, и эффективность телескопа более чем на два порядка.

Датчики волнового фронта

Известно, что непосредственное измерение фазовых флуктуаций электромагнитных колебаний в оптическом диапазоне практически невозможно. Поэтому принцип работы любого оптического датчика волнового фронта основан на измерениях интенсивности. Предварительно волна подвергается дифракционному или интерференционному пре-

образованию. С помощью измерения распределения интенсивности и математического анализа оценивается двумерное распределение фазы. При этом фаза оптической волны восстанавливается по результатам либо измерений разностей фаз, либо локальных наклонов. Если измерения разностей фаз выполняются на основе интерференционных преобразований, то оптическая часть датчика является соответственно интерферометром. В адаптивных системах, как правило, применяются интерферометры поперечного сдвига. В них оцениваются разности фаз между двумя малыми площадками, а в идеальном случае – между двумя пространственно разнесенными точками.

Наиболее употребительными в современных системах АО признаны дифракционные датчики волнового фронта, построенные по методу Шэка – Гартмана. В датчике изображение входного зрачка системы проецируется на упорядоченную матрицу идентичных микролинз. Каждая линза занимает малую часть апертуры, названной субапертурой; матри-

ца субапертур образует изображение источника в виде системы фокальных пятен. Все эти изображения формируются на одном фотоприемнике. Если волновой фронт искажается, происходит смещение фокальных пятен со своих номинальных положений. В результате в датчике волновой фронт реконструируется (восстанавливается) из массива измеренных наклонов. Обычно микролинзы датчика расположены рядами, образуя квадратные или другие прямоугольные структуры, но иногда они имеют и другие конфигурации. Для усиления светового потока, падающего на фотодетекторы, датчики волнового фронта оборудуются фотоэлектронными умножителями или усилителями других типов, что позволяет им работать с достаточно слабыми объектами.

Помимо датчика Гартмана (или Шэка – Гартмана) используют датчик кривизны поля, предложенный Ф. Родье, пиромидный датчик Р. Рагациони и ряд других. Их дальнейшее развитие, обусловленное ростом размеров телескопов и повышением точности коррекции, связано с решением проблемы уменьшения времени измерения в датчике волнового фронта, в том числе на основе параллельных вычислений при восстановлении пространственного

распределения искажений волнового фронта.

КОРРЕКТОРЫ ИСКАЖЕНИЙ ВОЛНОВОГО ФРОНТА

Корректор волнового фронта – это, как правило, активный отражающий оптический элемент, завершающий систему АО. Он реализует возможности, заложенные в алгоритме коррекции, обеспечиваемые всеми другими элементами системы. От пространственно-временного разрешения корректора искажений зависит в итоге эффективность всей системы в целом. Несмотря на значительный прогресс в технологии изготовления корректоров, создание такого высокотехнологического элемента все еще остается сложной и дорогостоящей задачей.

В первую очередь были разработаны и внедрены в практику астрономических приложений корректоры наклонов волнового фронта, обеспечивающие стабилизацию изображения наблюдаемого объекта на оси телескопа. Однако для крупных телескопов только таких корректоров недостаточно, еще нужны оптические корректоры более высокого порядка. Сейчас в системах АО применяются управляемые деформируемые зеркала, называемые активными оптическими элементами

для коррекции аберраций высоких порядков.

Можно достаточно условно выделить два основных вида активных зеркал – гибкие и составные (сегментированные) зеркала. Широкое распространение получил способ описания деформации всей поверхности зеркала через заданные функции отклика. Наиболее простейшие активные оптические корректоры – составные корректоры с толкателями (актюаторами), формирующими форму отражающей поверхности зеркала в виде плоских площадок. Многообразие таких устройств отличается числом степеней свободы, геометрией расположения приводов, формой элементов (сегментов). Варьируется и общее число элементов, при этом их форма бывает, как правило, квадратной или гексагональной.

Следующими по сложности после составных корректоров можно считать корректоры мембранного типа. Их отражающая поверхность – гибкая мембрана, форма которой может меняться под действием сигнала управления. Существуют различные типы конструкции гибких зеркал, отличающихся конфигурацией толкателей и способом их крепления к нижней поверхности пластины зеркала. Наибольшее распростра-



Очень Большой Телескоп (VLT) Европейской Южной Обсерватории, состоящий из четырех 8,2-м телескопов, на горе Серро-Параналь в Чили.

нение получили зеркала с дискретно расположенными точками приложения силы. Корректоры волнового фронта подразделяются на корректоры с локальным и интегральным откликом. В современных телескопах с АО наибольшее применение нашли деформируемые зеркала на толкателях, у которых оптическая поверхность локально изменяется под действием электричества. Актюаторы в активных зеркалах производят из активных ферроэлектрических или электрострикционных материалов.

Сегодня возможно изготовление активного зеркала практически любого размера с произвольной геометрией расположения актюаторов. Например, уже созданы активные зеркала, которые управляются продольным пьезоэффектом, обеспечивающие перестройку поверхности в диапазоне до 10–50 мкм.

Наиболее применяемыми сегодня являются биморфные зеркала. Они представляют собой оптическую поверхность, образованную на двухслойном пакете из пьезоэлементов. Первый слой – сплошной пьезо-керамический элемент, второй состоит из системы нескольких пьезоэлементов. Именно второй слой формирует структуру управляющих элементов зеркала. Управляющие напряжения подаются на слои в про-

тивофазе, что обеспечивает локальные изменения кривизны оптической зеркальной поверхности. Значит, в биморфном зеркале управление осуществляется за счет локального изгиба. Достоинство этих зеркал – простота изготовления, недостаток – низкая резонансная частота, что снижает эффективность работы систем АО в режиме реального времени.

В очень больших активных зеркалах сейчас применяют тонкую (менее 2 мм) оптическую пленочную мембрану, которая “взвешивается” в магнитном поле, создаваемом плотной системой токовых катушек. Эта технология обеспечивает высокие частоты управления (до 80 КГц) и большую амплитуду изменения формы (до 50–70 мкм) активного зеркала.

Один из двух 8,1-м телескопов, входящих в систему международной Обсерватории Gemini. Телескопы установлены на Гавайях и в Чили.

С 1990-х гг. активно развиваются микроскопические электромеханические системы (МЭМС), производство которых полностью базируется на технологиях, используемых при изготовлении микросхем. Они уже сейчас дают возможность создать управляемые элементы размером до нескольких сантиметров и обеспечивают прецизионную перестройку поверхности с амплитудой до 50 мкм с частотой до 2–8 кГц.

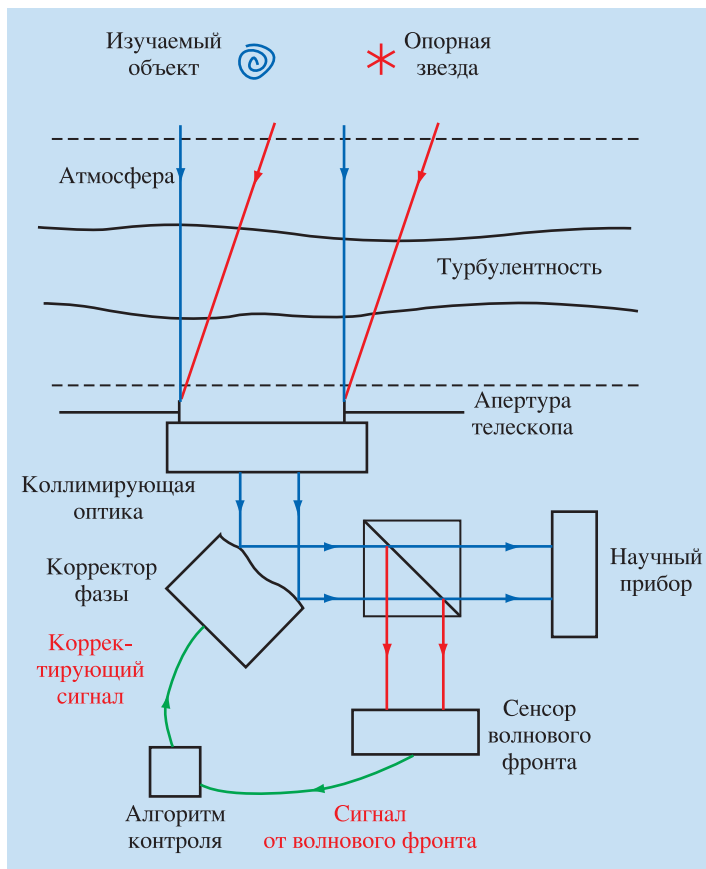
Производят эти управляемые элементы на фирмах США, Франции, Италии, Нидерландов. В России уже выпущены составные оптические элементы, мембранные зеркала на пьезоэлектрических толкателях, развито производство биморфных зеркал. Надо заметить, что, несмотря на постоянное развитие, сейчас именно активные оптические элементы ограничивают реальную полосу частот коррекции в адаптивных системах.



ЛАЗЕРНАЯ ОПОРНАЯ ЗВЕЗДА

Работа систем АО базируется на получении тем или иным образом информации о фазовых искажениях, вносимых турбулентной атмосферой в пространственную структуру поля. Безусловно, получить эту информацию можно, анализируя волновой фронт на основе излучения от какого-либо оптического небесного источника. При этом возникают две фундаментальные проблемы. Для хорошей работы датчика волнового фронта требуется достаточно большое число фотонов, но крупные телескопы имеют дело с предельно слабыми космическими объектами. По этой причине слабый исследуемый объект не может быть опорным источником. Поэтому в си-

стеме АО используют соседние (достаточно близкие в смысле углового положения на небе) более яркие звезды. Чтобы коррекция изображения была эффективной, необходимо иметь в качестве опорной близкую к исследуемому объекту более яркую звезду с блеском не менее 10^m . Это осуществимо только при условии достаточно близкого расположения яркой звезды от исследуемого объекта наблюдения. Как показывают расчеты, допустимое угловое рассогласование между направлением на опорную звезду и на исследуемый объект должно быть не более 15–20". В результате большинство участков неба оказываются непригодными для наблюдения с применением систем АО из-за



Структурная схема системы АО с лазерной опорной звездой для коррекции атмосферных искажений.

щественно меняются. Для формирования рэлеевской звезды нужно мощное коротковолновое лазерное излучение, тогда как для создания натриевой звезды излучение лазера должно иметь узкую спектральную полосу (около 3 ГГц) и быть точно настроено на линию натрия ($\lambda = 589,2$ нм). К настоящему моменту почти каждая крупная обсерватория уже снабжена или разрабатывает систему формирования лазерной опорной звезды.

МУЛЬТИ-СОПРЯЖЕННАЯ АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА

Эта техника представляет собой дальнейшее развитие концепции систем АО. Ее появление связано с тем, что современные мощные телескопы – слишком светосильные инструменты (с большим полем зрения), в то время как единственное активное зеркало в системе АО обеспечивает коррекцию в ограниченном поле зрения. Поэтому появилась идея одновременного применения нескольких активных зеркал. При этом каждое зеркало

невозможности найти яркую опорную звезду.

В начале 1980-х гг. появилась идея использовать в астрономических системах АО искусственные опорные источники. Формирование опорного источника производится на основе сигнала обратного рассеяния лазерного излучения, направленного вверх с Земли, на неоднородностях атмосферы. Такой искусственно созданный опорный источник называется “лазерная опорная звезда”. Подобный источник может быть сформирован с помощью излучения

лазера, направленного с Земли и формируемого на основе явления рассеяния назад света на флуктуациях плотности воздуха (рэлеевское рассеяние), или на атмосферном аэрозоле на высотах 8–20 км, или на основе флюоресценции на атомах некоторых металлов (Na, Fe, Ca, K и др.) в мезосфере, на высоте 85–110 км. В первом случае лазерные опорные звезды называются рэлеевскими, во втором – натриевыми. В зависимости от типа формируемой звезды требования к лазерному источнику су-

9,2-м телескоп Хобби – Эберли (Hobby-Eberly Telescope) Обсерватории Мак Дональда (штат Пенсильвания, США).



оптически сопряжено с определенным расстоянием от телескопа и фактически исправляет турбулентные искажения, обусловленные определенным слоем атмосферы. Преимущество такой системы – увеличенное поле зрения исправленного изображения. Сигналы, управляющие этими деформируемыми зеркалами, получают датчики волнового фронта. Информация от каждого из них обрабатывается подобно тому, как это делается в медицинской томографии, где трехмерная структура объекта выявляется из наблюдений под различными углами. В этом случае повышается качество компенсации по сравнению с одним корректором. Непрерывно растущий интерес к развитию томографии и системам АО с многозеркальной коррекцией связан с созданием сверхбольших телескопов, работающих в

видимом и ИК-диапазонах.

СИСТЕМЫ АДАПТИВНОЙ ОПТИКИ СОЛНЕЧНЫХ ТЕЛЕСКОПОВ

Для изучения физических процессов на Солнце необходимы солнечные телескопы с высоким пространственным разрешением. Чтобы фиксировать процессы изменения в солнечной атмосфере, угловое разрешение солнечного телескопа должно быть лучше $0,1''$. Изучение нагрева короны Солнца, вариаций солнечной активности и светимости, влияющих на климат на Земле, требуют наблюдений микроструктуры магнитных полей солнечной атмосферы с угловым разрешением лучше, чем $0,05''$. Теоретические модели солнечной атмосферы можно получить при изучении поведения еще более мелких пространственных масшта-

бов солнечной атмосферы.

Чтобы улучшить пространственное разрешение действующих солнечных телескопов, в их состав включают адаптивные оптические системы. Системы АО солнечных телескопов технически более сложные по сравнению с другими. Это обусловлено тем, что дневная турбулентность атмосферы более подвижна, чем ночная, и она достаточно сильно меняется во времени. Кроме того, датчик волнового фронта должен использовать в качестве объекта слежения низкую по контрастности и протяженную в пространстве, изменяющуюся во времени грануляционную картину, поры и солнечные пятна в изображении Солнца.

В 1979 г. были выполнены первые эксперименты с солнечными системами АО на телескопе VTT (Вакуумный башен-

Таблица 2

СИСТЕМЫ КОРРЕКЦИИ В СОЛНЕЧНЫХ ТЕЛЕСКОПАХ

Страна	США	Франция – Италия	Испания	Китай	Россия (Большой солнечный вакуумный телескоп)
Годы использования	1989	1995	1995	2001	2001–2005
Диаметр зеркала, см	76	90	98	43	76
Используемый опорный сигнал	Солнечные пятна, грануляционная картина	Грануляционная картина	Грануляционная картина	Солнечные пятна	Солнечные пятна, поры, грануляционная картина
Частота работы камеры, Гц	417	582	1350	419	164–245
Поле зрения, угл. секунды	10×10	$2 \times 2 \sim 12 \times 12$	14×14	$5 \times 5 \sim 20 \times 20$	33×33
Полоса частот, Гц	25 в открытом контуре	60	100 в открытом контуре	84 в открытом контуре	120 в открытом контуре
Достигнутое качество изображения (СКО – среднее квадратическое отклонение)	Остаточные движения изображения $0,023''$ (СКО)	Разрешение не хуже $0,2''$	Остаточные движения $0,05''$ (СКО)	Остаточные движения $0,14''$ (СКО)	Остаточные движения $0,07''$ (СКО)

Европейская станция Конкордия в Антарктиде с двумя инфракрасными телескопами.

ный телескоп) в Обсерватории Сакраменто Пик (Калифорния, США). В качестве датчика волнового фронта использовался сдвиговый интерферометр, но эффект коррекции был незначителен. Включение систем АО с корреляционным датчиком в состав действующих солнечных телескопов, расположенных в оптимальных по астро-

Система специальных телескопов "Окно" ПВО РВСН России в г. Нурек.



климату местах, позволяет усилить контраст изображения солнечной грануляции, но достичь дифракционного разрешения можно только при исключительно хороших атмосферных условиях. Так, на телескопе NSST

(Новый шведский солнечный телескоп) с апертурой 97 см, расположенном на горе Лас Пальмас (Канарские острова), с помощью системы АО и дальнейшей обработки были получены изображения грануляции около



солнечного пятна с разрешением 0,1".

В 2001 г. в Институте оптики атмосферы им. В.Е. Зуева была создана система АО с корреляционным датчиком Гартмана для 1-м Большого солнечного вакуумного телескопа (БСВТ) Байкальской астрофизической обсерватории Института солнечно-земной физики СО РАН. Объектами слежения для датчика волнового фронта выбирались контрастные солнечные пятна. В 2003 г. система АО показала хорошие результаты, причем в качестве объекта слежения использовались участки изображения Солнца с небольшой солнечной порой и контрастом не ниже 10%. В 2004 г. был разработан модифицированный корреляционный алгоритм слежения, опробованный при измерениях смещения изображения солнечной грануляции.

В 2006–2007 гг. на Большом солнечном вакуумном телескопе испы-

товались системы АО с модифицированным корреляционным датчиком. Они показали высокую эффективность, когда объектом слежения были фрагменты грануляционной картины с контрастом 2–3%. Применение модифицированного алгоритма функционирования корреляционного датчика дает возможность регистрировать смещения низко контрастных фрагментов изображения. Подчеркнем, что наряду с системой солнечного телескопа Национальной обсерватории США и системой коррекции для солнечных телескопов на Канарских островах система АО – наиболее технически совершенный прототип адаптивной системы для больших солнечных телескопов. Модернизированная адаптивная система на солнечном телескопе не только улучшает качество изображений, но и расширяет возможности наблюдения Солнца.

Астрономы всего мира непрерывно ищут места для новых обсерваторий. При поиске мест для инфракрасных телескопов была выбрана Антарктида, там уже действует станция Конкордия (Франция – Италия). Российская станция “Окно” вблизи г. Нурек построена для слежения за метеоритами, кометами и астероидами. Подобная астрономическая станция, оснащенная несколькими телескопами со скоростными приводами, может стать системой предупреждения астероидно-кометной опасности, что особенно актуально в связи с недавним падением метеорита под Челябинском.

Системы адаптивной оптики открывают все новые перспективы развития астрономии. Они позволяют в самое ближайшее время ввести в строй крупные оптические интерферометры, способные, в частности, детально исследовать планеты у других звезд.

Температурный и оптический режим атмосферы Земли

О.С. УГОЛЬНИКОВ,
кандидат физико-математических наук
ИКИ РАН

Эра изучения Вселенной с помощью космических обсерваторий началась несколько десятилетий назад (Земля и Вселенная, 2009, № 1). Но и сейчас подавляющее большинство астрономических наблюдений проводится с поверхности нашей планеты. Относится это не только к любитель-



ским телескопам, но и к исследованиям на передовом фронте астрономической науки. За последние десятилетия в строй было введено несколько 5–10-м наземных оптических телескопов, еще больше проектов находятся в стадии разработки (Земля и Вселенная, 2004, № 2).

ЗЕМНАЯ АТМОСФЕРА И АСТРОНОМИЯ

Во время любых наземных астрономических наблюдений, будь то обычная зрительная труба или крупный наземный телескоп, мы изучаем интересующие нас объекты Вселенной. Атмосфера Земли изменяет излучение далеких небесных объектов, проходящее сквозь газовую

оболочку нашей планеты. По сравнению с атмосферой других планет Солнечной системы земная атмосфера уникальна обилием кислорода, дающего нам возможность дышать.

Взаимодействие излучения с атмосферой включает в себя несколько разных процессов, и при проведении астрономических исследований ученые должны

четко представлять, каким образом атмосфера воздействует на вид небесных объектов и как правильно учесть это влияние. Не менее важная задача – выбор правильного места на Земле для строительства обсерваторий и проведения наблюдений. К этому пункту предъявляются серьезные требования: все атмосферные эффекты, искажающие



Вид атмосферы Земли с борта Международной космической станции, совершающей полет на высоте 360 км. Фото NASA.

изображение небесных объектов, должны быть если не минимальными, то учитываемыми, предсказуемыми. Помимо этого, во время астрономических наблюдений должна быть ясная погода, ведь облака зачастую делают их невозможными.

Все вышеперечисленное тесно связывает астрономическую науку с физикой и оптикой

атмосферы Земли. Поэтому многие астрономы, особенно экспериментаторы, — хорошие специалисты в области атмосферной оптики. С другой стороны, астрономическая наука на протяжении многих десятилетий способствовала развитию науки об атмосфере, особенно о ее верхних слоях. Сейчас одним из главных инструментов изучения физики атмосферы становятся космические проекты. Когда мы говорим о наземных астрономических наблюдениях, мы не можем не учитывать свойства атмосферы, поэтому они должны быть хорошо известны любому астроному-экспериментатору.

СТРОЕНИЕ И СОСТАВ АТМОСФЕРЫ

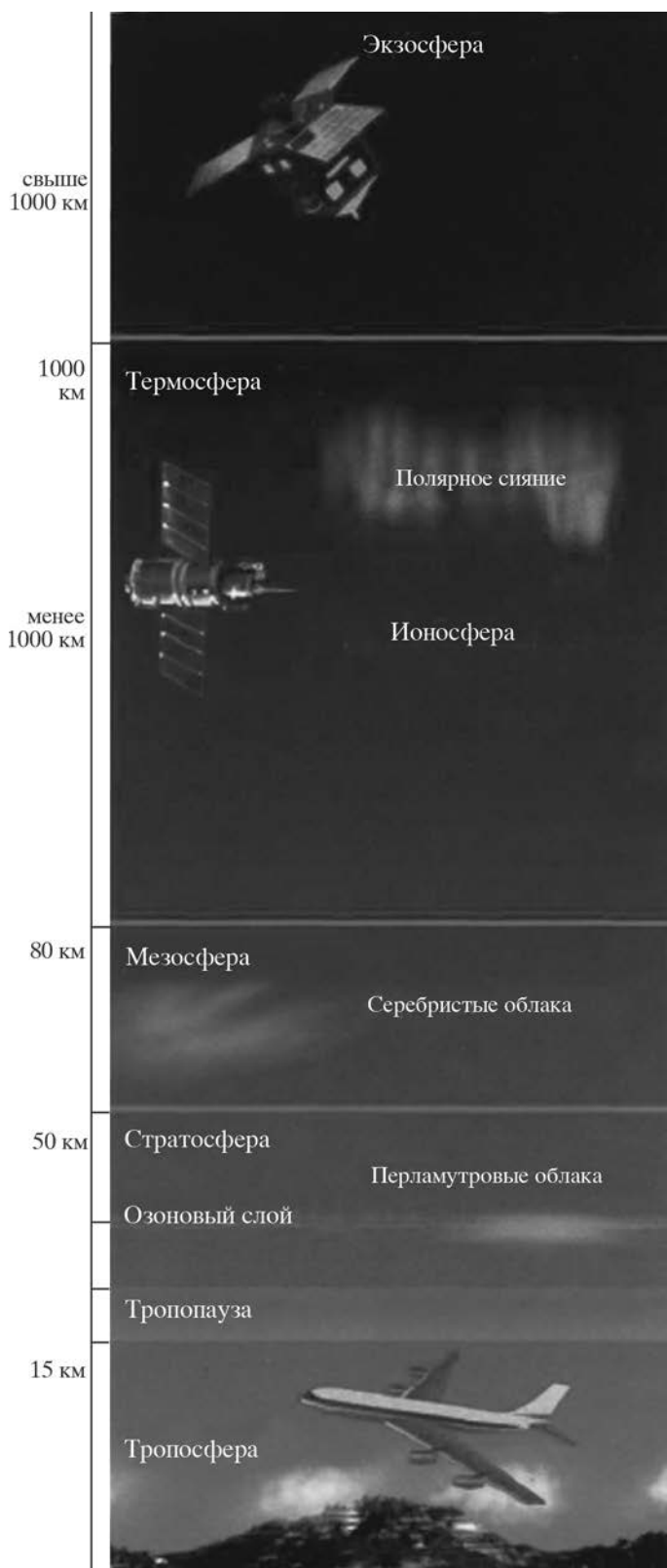
Газовая оболочка нашей планеты, окутывая весь земной шар, простирается от поверхности Земли до высоты в несколько сотен километров. Большинство искусственных спутников Земли обращаются по своим орбитам в среде, существенно более плотной, чем окружающее межпланетное пространство, что приводит к изменению орбит — постепенному снижению спутников и их последующему входу в плотные слои атмосферы.

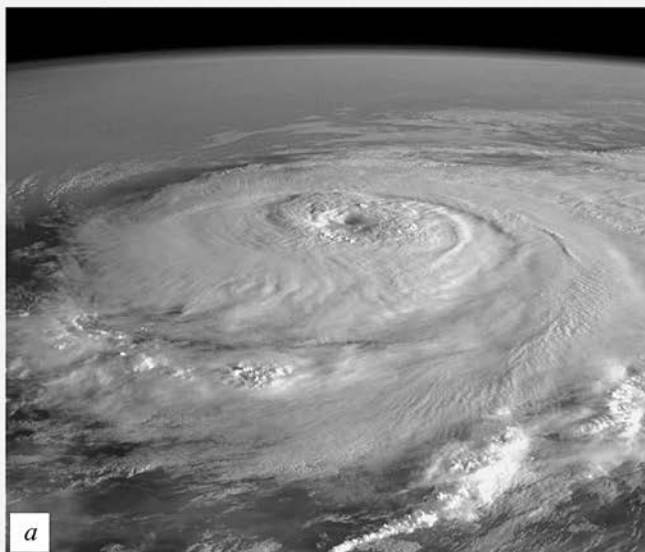
Состав атмосферы сложен и изменяется с высотой. На молекулярный азот (N_2) приходится около 78% всего ее объема,

Схема строения земной атмосферы.

молекулярного кислорода (O_2) в воздухе около 21%, аргона (Ar) – почти 1%. И хотя все остальные примеси вместе дают вклад лишь в малые доли процента, влияние некоторых из них на физические условия у поверхности Земли оказывается очень сильным. Если бы воздушная среда содержала только азот, кислород и аргон, жизнь в ее современных формах была бы невозможна. Средняя температура опустилась бы ниже $0^\circ C$, а сама поверхность Земли подвергалась бы мощному потоку ультрафиолетовой радиации Солнца. Столь необычная картина связана с тем, что все три основных газа атмосферы прозрачны как для видимых солнечных лучей, так и для теплового инфракрасного излучения Земли. В спектре кислорода есть узкие полосы поглощения на границе видимого и инфракрасного диапазонов, но они мало изменяют общую температурную картину. В реальной атмосфере вся переработка радиации и тем самым регулирование теплового баланса осуществляется малыми газовыми примесями.

Физические свойства атмосферы и набор малых





Атмосферные катаклизмы – ураган (а), циклон (б) и смерч (в), – возникающие в результате тепловых процессов в слоях тропосферы.

примесей на разных высотах сильно отличаются друг от друга. Около 90% всей массы атмосферы сосредоточено в ее нижнем слое – тропосфере, простирающейся до высоты 15 км. Это самая знакомая нам часть атмосферы, среда нашего обитания. В качестве примесей в ней присутствуют инертные газы (не только аргон), углекислый газ, метан, водяной пар и другие соединения. Доля водяного пара обычно не больше десятой доли процента, но он играет ключевую роль во многих тропосферных процессах, в частности в формировании облачности и осадков. Основным фактором, определяющим климат и астроклимат, считается водяной пар.

ТРОПОСФЕРА

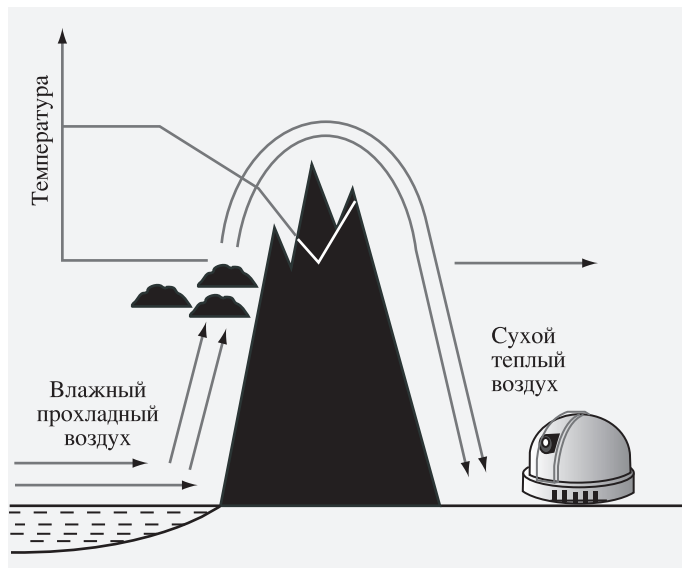
Почему же малая примесь – водяной пар – оказывается столь важной в тропосфере? Все дело в том, что водяной пар – единственная газовая составляющая, способная конденсироваться при земных температурах, превращаясь в жидкость. Как известно, вода характеризуется большим значением удельной теплоты парообразова-

Схема течения воздуха через горный массив. Рисунок автора.

ния – $2,25 \times 10^6$ Дж/кг, и при конденсации водяного пара выделяется значительное количество энергии. После ряда преобразований именно эта энергия приходит к нам в виде ураганов, циклонов, тайфунов, смерчей и других атмосферных катаклизмов. Водяной пар играет определяющую роль в тепловом балансе слоев тропосферы. Теплота парообразования также играет роль резервуара энергии, существенно снижающего температурные вариации на влажных территориях поверхности Земли и в нижней атмосфере.

Помимо этого, водяной пар вместе с тропосферным озоном (O_3) и, главным образом, с углекислым газом (CO_2) обладает широкими полосами поглощения в ИК-спектре ($\lambda_{O_3} = 9,6$ мкм, $\lambda_{CO_2} = 15$ мкм). Инфракрасные полосы уменьшают отток энергии от Земли и способствуют нагреву ее поверхности и нижних слоев атмосферы – это и есть известный “парниковый эффект”. Поэтому температура поверхности Земли существенно выше, чем в случае чистой азотно-кислородной атмосферы.

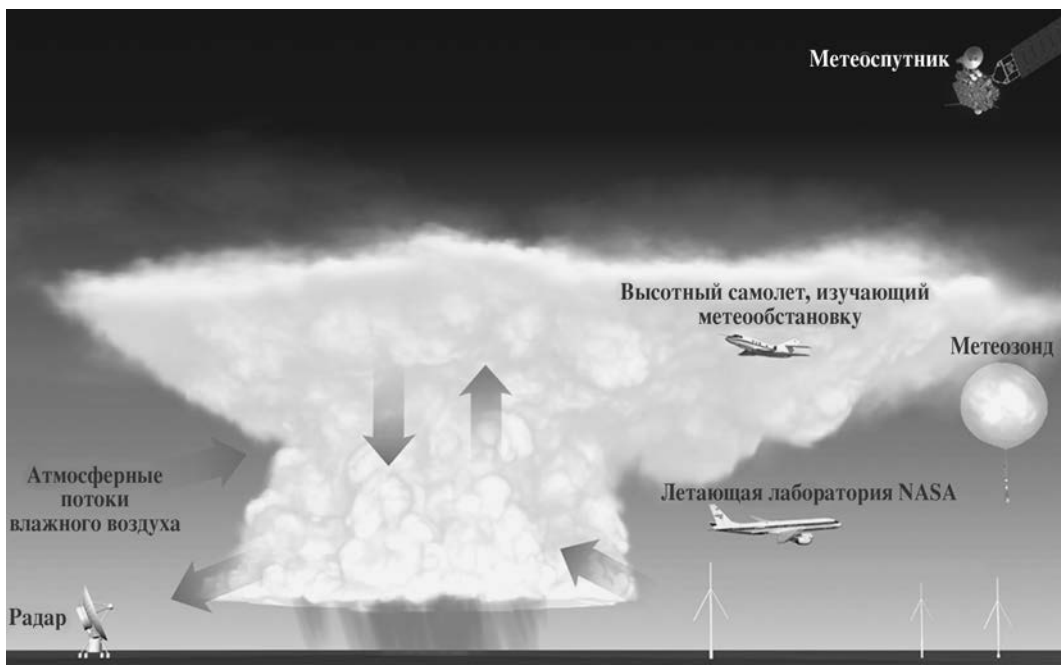
Температура тропосферного воздуха умень-



шается с высотой в среднем на 6° на километр; сухой воздух охлаждается с высотой еще быстрее – 10° на километр. Вершины гор остаются заснеженными, даже когда у их подножия полетному тепло. За бортом самолета, набравшего высоту около 10 км, температура обычно $-50^\circ C$. Разница высотного температурного градиента для сухого и влажного воздуха может оказывать заметное влияние на климатические условия у поверхности. Примером тому может служить фен – ветер, огибающий горные массивы. До встречи с горами воздух может быть влажным, но при подъеме вдоль склона влага конденсируется, образует облака и выделяет тепло, замедляя охлаждение воздуха. После обхода горного массива сухой воздух быстро нагревается и при

достижении поверхности оказывается значительно теплее, чем до подъема. Погода на этой территории будет теплой и ясной.

Уменьшение температуры с высотой позволяет атмосферному воздуху перемешиваться: теплые массы поднимаются, холодные – опускаются. За счет этого конвективного перемешивания химический состав тропосферного воздуха почти не изменяется с высотой. Уменьшается лишь содержание водяного пара: поднимаясь в более холодные области тропосферы, он конденсируется. Так в атмосфере образуются облака, прежде всего – в циклонах, областях пониженного приземного атмосферного давления. Воздушные массы перемещаются над поверхностью Земли от краев к центру циклона, а затем



поднимаются, образуя облачность. В антициклоне – области повышенного давления – ситуация обратная: сухие воздушные массы опускаются из верхних слоев тропосферы, и погода остается безоблачной.

Выше 10 км уменьшение температуры замедляется, а на высоте 15–17 км оно и вовсе останавливается. Тропосферные конвективные потоки не поднимаются выше этого слоя, который называется тропопаузой – верхней границей тропосферы.

СТРАТОСФЕРА

Далее начинается следующая слой нашей газовой оболочки – стратосфера. До высот порядка 30 км температура не меняется и весьма мала – около -60°C , а зимой в

полярных широтах падает ниже -80°C , и тогда даже при низком стратосферном давлении возможно образование кристалликов льда. В этом случае мы наблюдаем перламутровые (или полярные стратосферные) облака на высоте 7–20 км. Они видны в полярные сумерки, когда их подсвечивает зашедшее Солнце, и представляют собой очень красивое зрелище.

Твердые и жидкие частицы могут появиться в стратосфере и по другим причинам. Один из главных источников атмосферного аэрозоля – извержения вулканов. Наиболее мощные из них приводят к глобальному увеличению содержания аэрозоля на несколько лет. Последний раз это наблюдалось после из-

Схема образования облаков в тропосфере на высоте 3–10 км.

вержения вулкана Пинатубо в июне 1991 г. Вулканическое загрязнение атмосферы идет двумя путями. В тропосферу выбрасывается большое количество пыли и пепла, их скопление достигает высоты несколько километров и далее разносится ветрами над обширными территориями.

Второй источник загрязнения атмосферы связан с газовыми продуктами вулканических извержений, преимущественно с двуокисью серы SO_2 . В тропосферных условиях этот газ химически стабилен. Однако во время сильных извержений он мо-



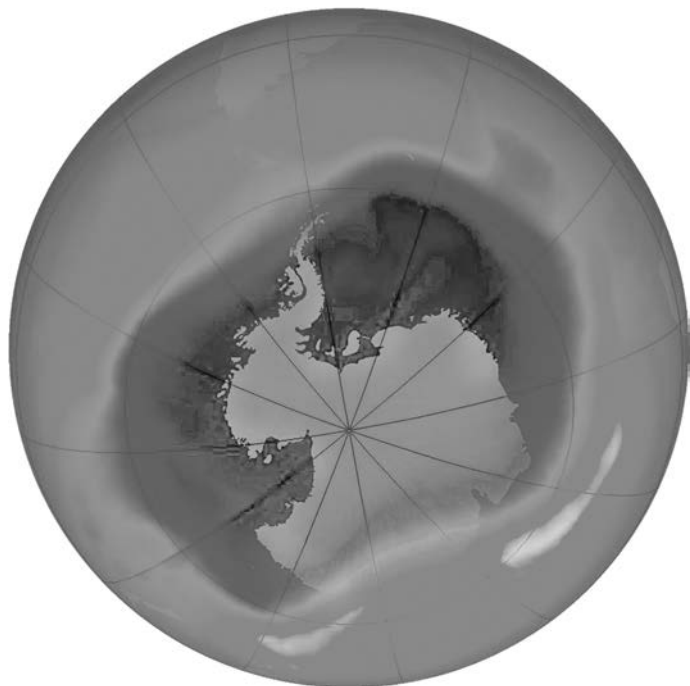
Перламутровые облака на высоте 17–20 км. Мурманск. Фото В. Бардылёва.

жет пройти сквозь тропопазу и оказаться в стратосфере, содержащей активные химические компоненты – атомарный кислород, озон, гидроксил (ОН). В ходе химических реакций они окисляют диоксид серы, превращая его в серную кислоту (H_2SO_4). Это вещество может конденсироваться в стратосферных условиях, образуя частицы сульфатного аэрозоля, такие же как в атмосфере Венеры (но, к счастью, в меньшем количестве). Подобный сценарий – основной механизм появления аэрозоля в обычно чистой

(за исключением полярных областей) стратосфере. Быстрые стратосферные ветры разносят диоксид серы и сульфатный аэрозоль над значительной частью поверхности Земли. Отражая солнечное излучение, аэрозоль уменьшает приток энергии к поверхности и понижает температуру, создавая “антипарниковый эффект”. Наиболее мощные вулканические извержения приводят к временному похолоданию на Земле. Подобный, только уже гораздо более сильный эффект случается после катаклизмов, сопровождающихся обильным выбросом пыли в атмосферу: падение крупных метеоритов, возможные ядерные взрывы (“ядерная зима”). Вдали от катастрофы глобальное похолодание может стать основным опасным фак-

тором, так как аэрозоль в стратосфере может сохраняться в течение нескольких лет.

Основными химическими компонентами в стратосфере остаются молекулярный азот и кислород, но состав малых примесей существенно изменяется. Связано это с тем, что до стратосферы доходит рентгеновское (высокоэнергичное) излучение Солнца. Под его действием небольшая часть молекул кислорода начинает диссоциировать – распадаться на атомы кислорода, активные химические реагенты. Они вступают в ряд реакций, образуя малые газовые стратосферные примеси. Одна из самых важных реакций – соединение атома кислорода с молекулой кислорода при каталитическом участии третьей молекулы. В результате обра-



Озоновая дыра (область темного цвета) над Антарктидой. 24 сентября 2006 г. Рисунок NOAA/NASA.

зуется молекула озона O_3 , который задерживает губительное ультрафиолетовое солнечное излучение, не пропуская его дальше в тропосферу и к поверхности Земли.

Общее содержание озона в атмосфере Земли не так уж и велико; если бы мы могли собрать его и перенести к поверхности Земли, то при нормальных условиях толщина слоя чистого озона была бы около 3 мм. В действительности озон распределен по всей стратосфере с максимумом концентрации на высоте около 25 км в качестве лишь малой примеси – порядка 0,001% по объему. Но полосы поглощения ультрафиолетового излучения у молекулы озона столь сильны, что такого

количества оказывается достаточно, чтобы самое опасное излучение с длиной волны меньше $3000 \text{ \AA}$ не достигало поверхности нашей планеты. Более мягкий ультрафиолет ($3000\text{--}3200 \text{ \AA}$) приходит к нам существенно ослабленным.

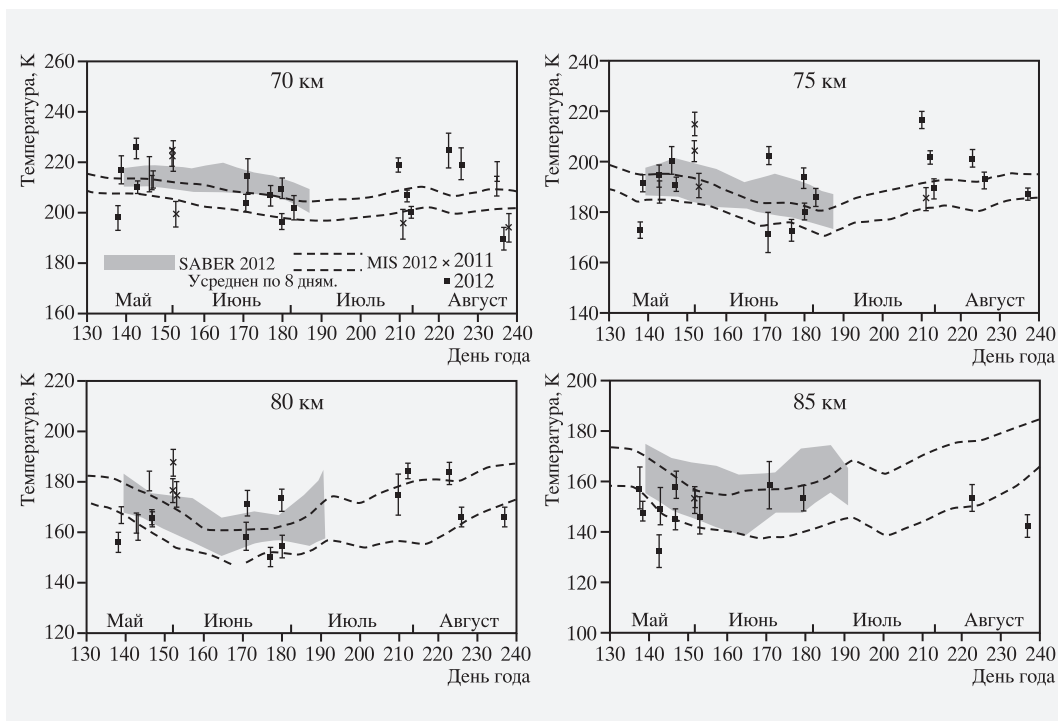
Любые изменения содержания озона в атмосфере могут резко изменить поток ультрафиолетового излучения. И “озоновая дыра”, появившаяся в последние десятилетия XX в. над Южным полушарием, стала предметом серьезного беспокойства в мире. Происхождение “дыры” вполне могло быть антропогенным. Попадая в стратосферу, соединения азота и галогенов (хлора, брома) уничтожают озон, причем атом хлора

разрушает несколько миллионов молекул озона! Не последнюю роль в уничтожении озона играют упомянутые выше полярные стратосферные облака, богатые соединениями хлора и азота. Поэтому холодные полярные стратосферные вихри часто совпадают с областями пониженного содержания озона.

Задерживая значительную долю солнечного ультрафиолета, озон существенно влияет на тепловой баланс в стратосфере, так как поглощаемая им энергия превращается в тепло. Охлаждение атмосферы с высотой останавливается, выше 30 км температура начинает расти, на высоте 50 км увеличиваясь до 0°C . Это один из примеров того, сколько сильно может влиять на атмосферу малая газовая примесь.

МЕЗОСФЕРА

На высоте больше 50 км озона становится мало, и атмосфера (как и в нижних слоях) оказывается прозрачной для ультрафиолетового излучения с длиной волны более $2400 \text{ \AA}$. Еще более энергичное УФ-излучение (“вакуумный ультрафиолет”) до указанных



Графики температур верхней мезосферы вблизи Москвы летом 2011 г. и 2012 г., по данным спутниковых экспериментов SABER и MLS и сумеречного зондирования (точки), проведенного И.А. Масловым и автором статьи.

высот не доходит, так как поглощается выше молекулярным кислородом. Источник дополнительного нагрева газовой среды исчезает, и с высотой температура вновь начинает уменьшаться. Мы попали в следующий слой земной атмосферы – мезосферу, простирающуюся до 90 км, ее верхняя часть оказывается самым хо-

лодным слоем атмосферы: температура там может опускаться ниже -100°C .

Парадокс заключается в том, что наиболее холодной мезосфера оказывается в умеренных и полярных широтах в мае–августе в Северном полушарии, несмотря на постоянное освещение Солнцем. Разгадка столь странного поведения температуры верхней мезосферы заключается в ее прозрачности для солнечного излучения, доходящего до этих высот. В этих условиях на первый план выходят другие факторы, определяющие тепловой баланс мезосферы, в первую очередь – перенос воздушных масс. Летом в умеренных широтах воз-

дух поступает в верхнюю мезосферу из более низких слоев, сильно выходясь.

Короткими летними ночами в средних широтах над светлым северным горизонтом иногда можно наблюдать белые кружева серебристых облаков – самых высоких в земной атмосфере. Они образуются в холодных летних мезосферных условиях на высоте 80–85 км. Солнце подсвечивает их даже в полночь, и серебристые облака представляют собой очень красивое явление. Вопрос о природе и составе столь высоких облаков долгое время оставался открытым и считался пограничным между геофизикой и астрономией. Даже сейчас эта область



атмосферы остается несколько более трудной для исследований, ведь для самолетов и шаровозондов это слишком высоко, а для космических аппаратов — слишком низко. В настоящее время мезосфера изучается прежде всего оптическими дистанционными методами — с борта спутников и с поверхности Земли (лидарное, микроволновое, сумеречное зондирование).

Серебристые (или полярные мезосферные) облака, состоящие из мельчайших кристалликов льда, заслуживают название “видимая пустота”. Их плотность очень мала, и сквозь них легко можно наблюдать звезды. Но из-за хорошей подсветки Солнцем они выделяются на фоне летней ночной зари. Интересно, что серебристые облака не наблюдались на Земле до конца XIX в., а впервые были

зарегистрированы только в 1885 г. Причиной их появления вполне могло стать мощное извержение вулкана Кракау, выбросившее пыль вплоть до мезосферы. Однако в вековом масштабе образование серебристых облаков связано с существенным похолоданием мезосферы, происходящим в течение всего периода ее изучения — немногим более 100 лет. При таком низком давлении нужны особо низкие температуры — около -120°C ! Тем не менее серебристые облака наблюдаются на летнем небе довольно часто.

В последнее время идут активные дискуссии о “глобальном похолодании” мезосферы и его причинах. Появление этого эффекта в последние десятилетия наводит на мысль о возможном антропогенном воздействии даже на столь высокие

Серебристые облака, состоящие из мельчайших кристалликов льда, ярко светятся на высоте 80–85 км. Фото С. Михайленко.

слои атмосферы. Подобный механизм действительно существует и связан с углекислым газом. В мезосфере молекулы CO_2 сталкиваются с атомами кислорода, испуская инфракрасный квант света с длиной волны 15 мкм. Инфракрасные кванты покидают атмосферу, унося с собой “отобранную” у молекул и атомов энергию. Так главный парниковый газ тропосферы становится мезосферным криоэлементом, причем в основе обоих, казалось бы противоположных, эффектов лежит одна и та же инфракрасная спектральная полоса!

ТЕРМОСФЕРА, ИОНОСФЕРА И ЭКЗОСФЕРА

Выше “слоя холода” начинается следующая часть атмосферы – термосфера. Она отличается от более низких слоев химическим составом. Энергичное ультрафиолетовое излучение Солнца доходит до этих слоев в достаточном количестве для того, чтобы на отдельные атомы разделилась заметная часть молекул кислорода, тем большая, чем выше мы находимся. Одновременно с диссоциацией идет другой процесс – ионизация, при котором от молекулы кислорода отрывается один электрон, а сама молекула превращается в ион O_2^+ . Ионизации подвергаются и молекулы азота (N_2), а вот их диссоциация идет слабо, так как она требует очень большой энергии кванта света. Значительная часть атмосферного азота переходит в атомарное состояние только на высоте 200 км и более.

Ионизация и диссоциация молекул идет с поглощением энергии солнечного излучения. Только здесь, в термосфере, излучение перерабатывается в тепло не малой газовой примесью, а основными атмосферными компонентами. Температура среды быстро увеличивается с высотой. Разреженные слои не находятся в термодинамическом равновесии. Если в термосфе-

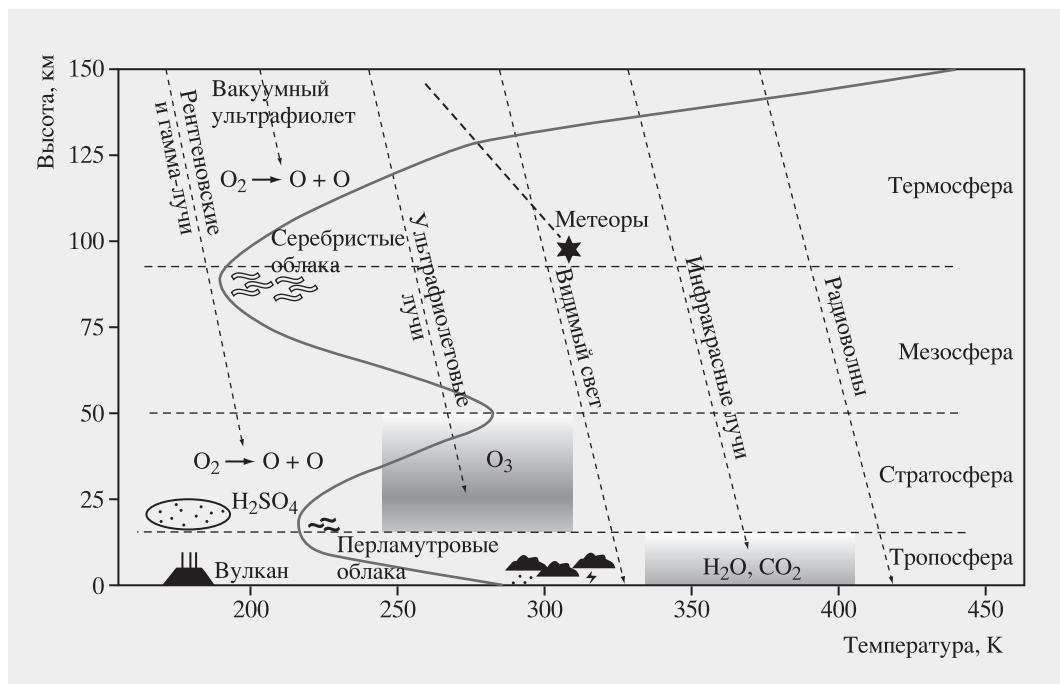
ру поместить обычный термометр, он показал бы значительно меньшие значения температуры, так как излучал бы в пространство энергию быстрее, чем получал ее от горячей, но разреженной среды.

Наличие в верхних слоях атмосферы заряженных частиц – ионов и электронов – сказывается на ее физических свойствах, в частности на распространении радиоволн. Часть атмосферы выше 80 км (верхняя мезосфера и термосфера) также называют ионосферой, которая разделяется на отдельные слои, характеризующиеся своими значениями ионной и электронной плотности, химическим составом ионов. Самый верхний слой атмосферы – экзосфера, начинающаяся на высоте 400–500 км и без четкой верхней границы. Экзосфера – область перехода в межпланетное пространство. Азот и кислород, уже в атомарном и частично ионизованном виде, уступают место ионизованному атомарному водороду и гелию. Эти частицы не “постоянная принадлежность” атмосферы. С большой скоростью они покидают окрестности Земли, вместо них в экзосферу поступают новые атомы водорода и гелия. Метан CH_4 – источник атомов водорода в нижней атмосфере. Под действием солнечного ультрафиолета его молекулы распадаются,

освобождая атомы водорода. Будучи легкими и быстрыми частицами, атомы водорода поднимаются в верхние слои атмосферы. Похожим образом ведут себя и атомы гелия, образующиеся в результате распада радиоактивных элементов в земной коре в виде газа радона. Ядра водорода и гелия также входят в солнечный ветер, частицы которого постоянно вторгаются в верхнюю атмосферу Земли. Состояние экзосферы и межпланетной среды зависит от внешних факторов, в первую очередь от солнечной активности.

ПРОЗРАЧНОСТЬ АТМОСФЕРЫ

Атмосфера Земли интенсивно взаимодействует с излучением. Кроме процессов рассеяния на неоднородностях среды и аэрозольных частицах идет процесс истинного поглощения, при котором энергия кванта света переходит в другие формы, в том числе и в тепло. Таким, к примеру, является процесс поглощения солнечного ультрафиолета атмосферным озоном и кислородом. Каждый из атмосферных газов характеризуется своим набором спектральных интервалов, где он сильнее или слабее поглощает свет. Видимая область спектра свободна от сильных полос поглощения атмосферных газов. Благодаря этому мы видим Солнце и другие не-



бесные объекты, хотя и сталкиваемся с проблемами вроде атмосферного аэрозоля.

Ультрафиолетовый диапазон (менее 3000 Å) надежно перекрыт полосами поглощения озона, кислорода и азота. Ионизация и диссоциация молекул задерживают наиболее коротковолновое рентгеновское и гамма-излучение небесных объектов, доходящее лишь до стратосферы. На границе с инфракрасным диапазоном есть области поглощения кислорода, далее начинаются мощные полосы поглощения водяного пара. На еще больших длинах волн наблюдаются полосы поглощения озона и углекислого газа, создающие "парниковый эффект".

Атмосферный озон — пример того, как один и тот же газ в разных слоях атмосферы играет противоположные роли для человека. Стратосферный озон — необходимый для нашей жизни надежный щит от солнечного ультрафиолета. В тропосфере озон — ядовитый газ, вредный для нашего здоровья, его стало больше из-за деятельности человека.

Лишь на длине волны около 1 мм атмосфера вновь становится прозрачной для излучения. Для большей части радиодиапазона вносимые атмосферой помехи минимальны. Поэтому радиоастрономия стала второй частью наземной наблюдательной астрономии наряду с оптической. Быстрое развитие

Схема изменения температуры и прозрачности атмосферных слоев в различных диапазонах спектра. Рисунок автора.

радиоастрономии с середины XX в. привело к прорыву во всей науке о Вселенной. Радиоокно прозрачности атмосферы обширно, и только волны с длиной более 10 м не доходят до поверхности нашей планеты, они отражаются ионосферой Земли.

Мы видим, что атмосфера скрывает от нас вид Вселенной в большей части электромагнитного спектра, сильно ограничивая объем ин-

формации, которую могут получить астрономы. Неудивительно, что выход в космическое пространство, сделавший астрономию всеволновой, ознаменовал начало новой эры в ее истории. Значительная доля исследований сейчас проводится из космоса.

Информация

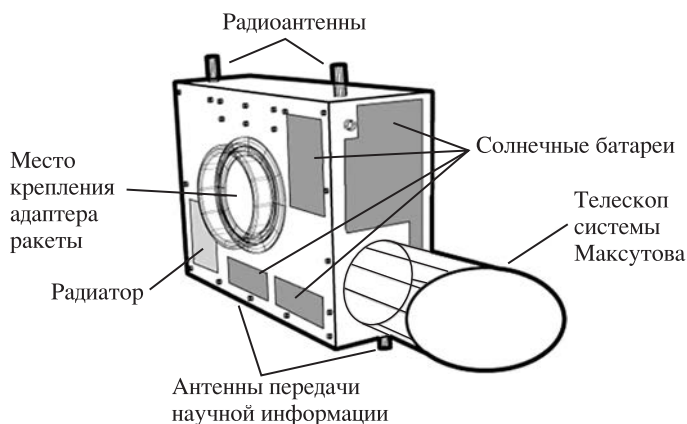
Запуск канадского телескопа

25 февраля 2013 г. с космодрома им. Сатиша Дхавана на острове Шрихарикота (Индия) ракетой-носителем “PSLV-C20” на околоземную орбиту высотой 785 км и с периодом обращения 103 мин выведена космическая обсерватория “НЕОССат” (“NEOSSat”, Near Earth Object Surveillance Satellite – спутник для наблюдения околоземных объектов; см. стр. 2 обложки). Это первый астрономический инструмент, созданный Канадским космическим агентством (CSA). Кроме “НЕОССат” запущено еще пять микроспутников и франко-индийский океанографический ИСЗ “SARAL” массой 346 кг. За стартом наблюдал президент Индии Пранаб Мукерджи.

Специализированный многофункциональный ИСЗ представляет собой небольшой (массой 65 кг) и дешевый (25 млн долларов) космический аппарат. Он относится к типовым спутникам серии MMB (Multi-Mission Microsatellite Bus – платформа микроспутника

Хочется надеяться, что развитие атмосферной науки и расширение возможностей наблюдений помогут сохранить эту уникальную систему, все многообразие которой позволяет живым организмам существовать на Земле.

Автор выражает благодарность И.А. Маслову (ИКИ РАН) за многолетнее сотрудничество в оптических исследованиях атмосферы и Российскому фонду фундаментальных исследований за финансовую поддержку этих исследований (грант 12-05-00501-а).



Устройство Канадской космической обсерватории “НЕОССат”. Рисунок CSA.

многоразового использования). У спутника отсутствует двигательная установка, энергией снабжают солнечные батареи мощностью 80 Вт. Он оснащен маленьким телескопом системы Максутова с апертурой 15 см, различающим объекты блеском до 20^m. Основные задачи “НЕОССат”: отслеживать сближающиеся с нашей планетой потенциально опасные астероиды и искать в околоземном пространстве объекты космического мусора. Космическому аппарату предстоит наблюдать в постоянном режиме космическое пространство в пределах 45–55° со стороны Солнца и регион, располо-

женный на 40° ниже и выше плоскости орбиты Земли. Сделанные снимки будут отправляться в центр канадского Университета Калгари. Благодаря обсерватории “НЕОССат” Канада внесет свой вклад в международные усилия по составлению каталога околоземных астероидов и космического мусора, имеющего большое значение для безопасности полетов спутников и МКС.

Старт ракеты-носителя “PSLV-C20” стал первым из 10 запланированных на 2013 г. Индийской организацией космических исследований (ISRO).

Пресс-релиз ISRO,
25 февраля 2013 г.

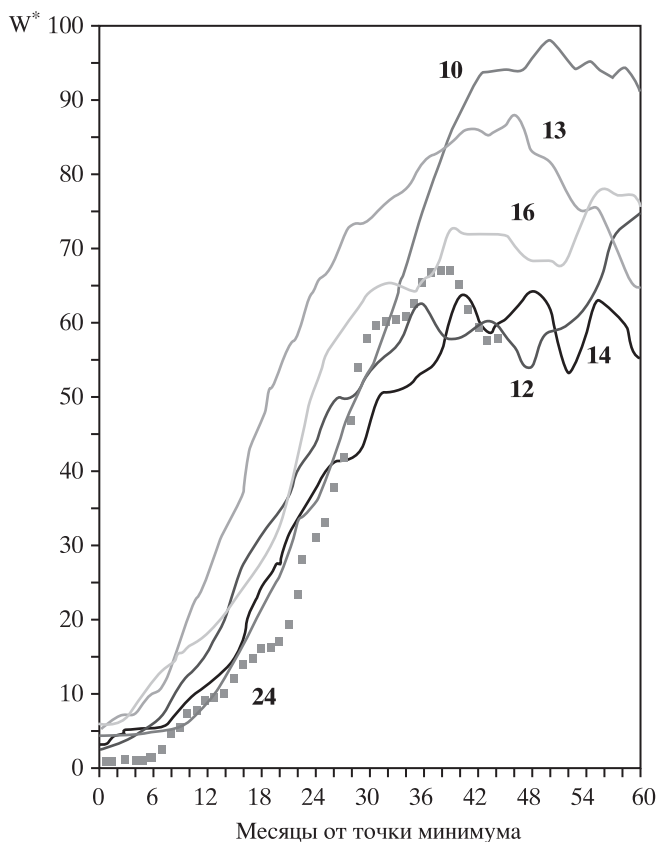
Солнце в феврале – марте 2013 г.

Солнечная активность в этот период оставалась в основном на среднем уровне, иногда опускаясь до низкого. Число групп пятен на видимом диске Солнца менялось от 2 до 9. В подавляющем большинстве они были небольшими и спокойными, и лишь одна группа в марте на один день выросла до среднего размера ($300 \leq \text{Sp} < 500$ м.д.п.). Всего же из 39 групп солнечных пятен 21 появилась в Северном полушарии. Солнце удивило необычайно большим количеством выбросов солнечных волокон: с 18 февраля по 24 марта на видимом диске Солнца зарегистрирован 41 выброс разных размеров. Снижение сглаженных за год значений относительного числа пятен на Солнце после пика в феврале 2012 г. ($W^* = 66,9$) продолжалось до июля 2012 г. Если этот пик останется максимумом текущего солнечного цикла, то он будет рекордно низким из всех циклов ($W^* \leq 80$). У самого низкого из достоверных, 14-го, $W^* = 64,2$. Среднемесячные значения чисел Вольфа $W_{\text{фев.}} = 38,8$ и $W_{\text{март}} = 57,9$. Сглаженное значение относительного числа

солнечных пятен в августе и сентябре 2012 г. составило $W^* = 58,1$.

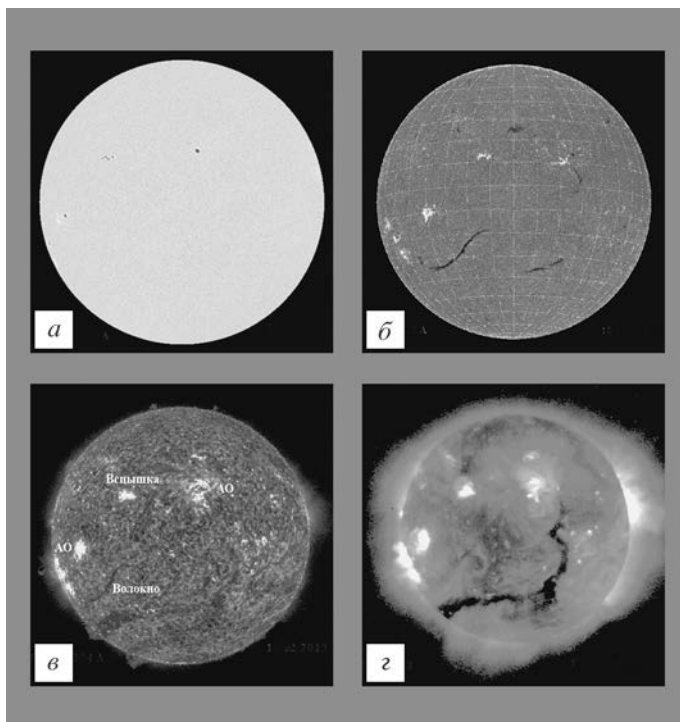
В феврале относительное число солнечных пятен менялось от среднего уровня до низкого (4–6, 10, 13–14 февраля), затем до конца месяца устойчиво держалось на среднем уровне. Минимальное значение ежедневного относительного числа пятен отмечено 21 февраля ($W = 24$), максимальное – **11 февраля ($W = 107$)**. В Северном полушарии появилось 10 групп пятен, а в

Южном – 8. Вспышечная активность отмечена на среднем уровне лишь 17 февраля, когда в группе пятен Северного полушария произошла вспышка балла M1.9/SF. В остальные дни наблюдалась низкая и очень низкая вспышечная активность. Выбросы солнечных волокон наблюдались 5, 8, 13, 16, 18 (2), 19 (2), 21, 22 (2), 23 (2), 25 (2), 27 (2) и 28 (2) февраля. Коронграфы космической обсерватории “SOHO” зарегистрировали 178 корональных выбросов



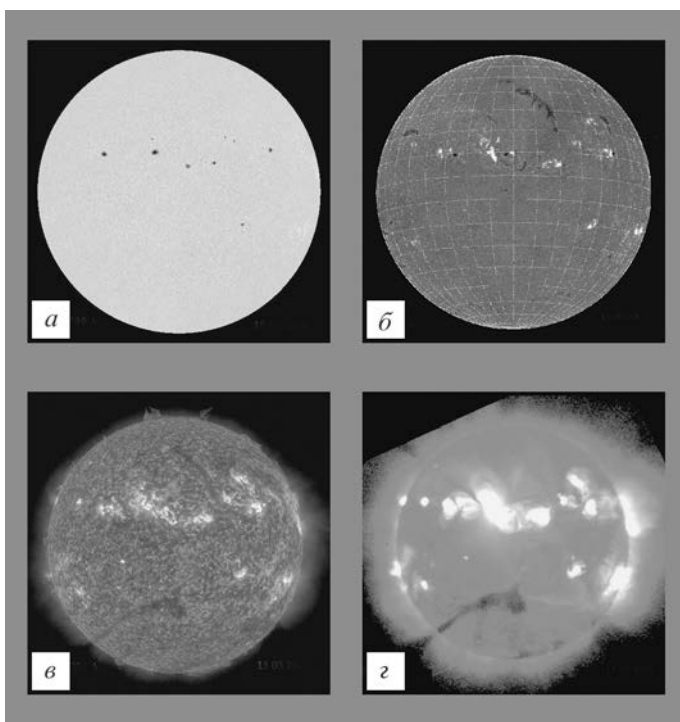
Ход развития (44 месяца) текущего 24-го цикла солнечной активности среди всех достоверных (с 1849 г.) солнечных циклов. W^* – сглаженные за 13 месяцев относительные числа солнечных пятен.

Солнце 17 февраля 2013 г.: а) фотосфера в непрерывном спектре ($\lambda = 4500 \text{ \AA}$); б) в самой сильной водородной линии видимой части солнечного спектра H_α ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в) в линии крайнего ультрафиолета He II ($\lambda = 304 \text{ \AA}$); г) в полосе мягкого рентгеновского излучения ($\lambda = 4\text{--}8 \text{ \AA}$). Снимки сделаны космической "Солнечной динамической обсерваторией" NASA (<http://sdo.gsfc.nasa.gov/data/>).



вещества разной интенсивности, среди которых один – типа “частичное гало III” (угол раствора $180^\circ\text{--}270^\circ$) и 8 – типа “частичное гало II” (угол раствора $90^\circ\text{--}180^\circ$). Одна рекуррентная и семь новых корональных дыр проходили по видимому диску Солнца. Единственная малая магнитная буря 28 февраля – 1 марта была вызвана суммарным воздействием возмущения от выброса волокна 25 февраля и высокоскоростным потоком солнечного ветра от приэкваториальной корональной дыры, 13 февраля произошло еще одно геомагнитное возмущение –

Солнце 15 марта 2013 г.: а) фотосфера в непрерывном спектре ($\lambda = 4500 \text{ \AA}$); б) в самой сильной водородной линии видимой части солнечного спектра H_α ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в) в линии крайнего ультрафиолета He II ($\lambda = 304 \text{ \AA}$); г) в полосе мягкого рентгеновского излучения ($\lambda = 4\text{--}8 \text{ \AA}$). Снимки сделаны космической "Солнечной динамической обсерваторией" NASA (<http://www.solarmonitor.org/index.php>).



6-часовая суббуря, вероятно вызванная выбросом волокна 8 февраля. Весь остальной месяц сохранялась спокойная и слабозмущенная геомагнитная обстановка. На геостационарных орбитах очень высокий поток релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ не наблюдался.

До **24 марта** уровень пятнообразовательной активности устойчиво находился на среднем, затем на низком уровне, в отдельные дни поднимаясь до среднего. На видимом диске Солнца образовалось 3–9 небольших групп пятен, и лишь 19 марта – группа среднего размера. В Южном полушарии появилось 10 групп пятен и 11 – в Северном. Максимальное за сутки наблюдаемое число солнечных пятен отмечено **14 марта** ($W = 91,0$), минимальное – 26 марта ($W = 22,0$). Сред-

ний уровень вспышечной активности отмечен 5, 15 и 21 марта, в остальные дни – низкий и очень низкий. Выбросы солнечных волокон наблюдались 1–5 (6), 6 (3), 8–9, 12 (4), 14–15, 16 (3), 17 (2), 22–23 и 24 (3) марта, последние – геоэффективные. Пять рекуррентных и три новые корональные дыры также были недостаточно геоэффективны. Умеренная (17 марта) и две малые магнитные бури (1 и 27 марта) произошли на средних широтах. Вероятный источник первого возмущения – вспышка 15 марта рентгеновского балла M1.1 в группе пятен Северного полушария, а последнего – выброс солнечного волокна 23 марта. В остальные дни геомагнитная обстановка оставалась спокойной и слабозмущенной. Корнографы космической обсерватории “SOHO” заре-

гистрировали более 150 корональных выбросов вещества разной интенсивности, среди которых по две типа “гало” и “частичное гало III” (угол раствора 180° – 270°), 6 – типа “частичное гало II” (угол раствора 90° – 180°). На геостационарных орбитах очень высокий поток релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ зарегистрирован 2–8, 21–23 и 25–28 марта.

Текущее состояние солнечной активности и ее прогноз на русском языке можно найти в Интернете (<http://www.izmiran.ru/services/saf/>). Страница обновляется каждый понедельник. Каждый первый понедельник месяца публикуется обзор развития текущего цикла солнечной активности.

В.Н. Ишков
ИЗМИРАН

Информация

Разрушение колец Сатурна

Группа планетологов под руководством Джеймса О’Донохью из Университета Лейчестера (Великобритания) выяснила, что Сатурн постепенно уничто-

жает свои кольца. На такой вывод натолкнули данные о химическом составе атмосферы Сатурна, собранные АМС “Кассини” и телескопом Keck II Обсерватории Мауна Кеа. Некоторые области в атмосфере гиганта содержали необычно мало ионов водорода, что свидетельствует о притоке воды в них, так как молекулы воды способствуют “очищению” атмосферы от ионов водорода, вступая с ними в реакцию. Газопылевые кольца медленно уничтожаются под действием магнитно-

го поля планеты, “высасывающего” кристаллы воды из колец и стягивающего их в верхние слои атмосферы. Сколько этот процесс продлится, пока не известно.

Природа и возраст колец до сих пор остается предметом научных споров. Одни полагают, что кольца возникли из осколков протопланетного облака, другие называют их продуктом отнсительно недавних катаклизмов.

Пресс-релиз NASA,
10 апреля 2013 г.

Борис Николаевич Петров

(К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

Советский ученый в области автоматического управления, Герой Социалистического Труда, академик Борис Николаевич Петров родился 11 марта 1913 г. в Смоленске. Его мать, Вера Владимировна, работала врачом, отец, Николай Георгиевич, – бухгалтером.

В 1930 г. Борис Николаевич окончил школу и сделал попытку поступить в Московский энергетический институт, но у него даже не приняли документы, так как он был из семьи служащих. В приемной комиссии ему посоветовали несколько лет поработать на производстве, а затем уже поступать в институт. Последовав совету, Борис до осени работал счетоводом в колхозе. В сентябре он уехал в Москву и поступил в фабрично-заводское училище при заводе им. С. Орджоникидзе, после его окончания начал работать токарем на этом же заводе. Однако юношу тянуло к учебе. Еще мальчиком он предпочитал чтение детским играм, любил книги о путешествиях, приключениях, увлекался рисованием.

В 1933 г. Борис Николаевич, имея уже рабочий стаж, поступил в МЭИ. Учился он в институте блестяще. Дипломный проект писал под руководством академика Виктора Сергеевича Кулебакина. Проект признали выдающимся.

В 1939 г. после окончания с отличием МЭИ по представлению В.С. Кулебакина Бориса Николаевича направили на работу в Комитет телемеханики



Академик Б.Н. Петров. 1975 г.

и автоматики АН СССР. На его базе Виктор Сергеевич позже создал Институт автоматики и телемеханики АН СССР (ныне Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН).

В этом институте Б.Н. Петров работал до последних дней своей жизни и прошел путь от инженера до академика. Он возглавлял институт в 1947–1951 гг., в трудные годы его становления.

Первые работы молодой ученый посвятил автоматизации процесса непрерывной разливки металла из мартена. Когда же началась Великая Отечественная война, Борис Николаевич взялся за проблему автоматического контроля размеров гильз и автоматизацию процесса отбраковки.

В 1945 г., через шесть лет после окончания МЭИ, Борис Николаевич защитил диссертацию на тему “Анализ автоматических копировальных систем”, и ему, минуя степень кандидата наук, сразу присудили ученую степень доктора технических наук.

Б.Н. Петров – один из основоположников теории инвариантности автоматических систем, а также один из организаторов и идейных руководителей всесоюзных совещаний по теории инвариантности. Следует отметить, что после опубликования в 1939 г. статьи сотрудника Института автоматики и телемеханики профессора Г.В. Щипанова в научной и политической печати (журнал “Большевик”) развернулась жестокая, в сталинском духе, критика теории инвариантности. Эту теорию объявили вредной и идеалистической. Г.В. Щипанова уволили из Института, ему категорически запретили включать в лекции идеи инвариантности, все работы по теории инвариантности закрыли. Надо было иметь большое мужество со стороны Бориса Николаевича, чтобы в 1953 г. выступить на II Всесоюзном совещании по теории автоматического регулирования с сообщением о необходимых условиях физической осуществимости абсолютной инвариантности. Сейчас эти условия известны в мировой литературе как принцип двухканальности Б.Н. Петрова.

Необычайно широким был кругозор проблем, которыми интересовался Борис Николаевич. Это теория автоматического управления сложными

объектами, теория инвариантных, терминальных и самонастраивающихся автоматических систем, информационных проблем теории управления, вопросы автоматизации научных исследований и проектирования.

Большое значение имеют исследования Бориса Николаевича по теории нелинейных инвариантных систем с запаздыванием, комбинированных систем. Новые типы автоматических систем, созданные на основе этой теории при его непосредственном участии, внедрены в промышленное производство.

С 1955 г. под руководством Б.Н. Петрова развивались методы построения нелинейных систем автоматического управления с переменной структурой. Они представляют собой качественно новый класс систем управления, обеспечивающих высокую статическую и динамическую точность управления.

В работах Бориса Николаевича по теории беспереходных самонастраивающихся систем поставлены задачи анализа и синтеза систем такого класса, приведена их классификация, предложена концепция обобщенного настраиваемого объекта. На основе теории инвариантности разработан метод синтеза структуры обобщенного настраиваемого объекта.

Дальнейшим развитием теории самонастраивающихся систем стала теория координатно-параметрического управления. В работах, посвященных этой теории, рассматриваются принципы построения, синтез алгоритмов перестройки параметров объекта, возможности и перспективы развития систем этого класса. При участии Бориса Николаевича впервые в СССР созданы самонастраивающиеся системы управления для нескольких классов боевых ракет Главного конструктора И.С. Селезнёва.

Широко известны труды Б.Н. Петрова, посвященные нестационарным системам, синтезу алгоритмов наблюдения неизмеряемых координат системы, алгоритмической процедуре синтеза управления линейными объектами с

произвольными свойствами и неполной степенью наблюдаемости. Большой интерес представляют его результаты по синтезу алгоритмов управления как обратной задачи динамики.

Можно привести еще много достижений Бориса Николаевича в области общей теории автоматического управления. Однако важнейшее место в деятельности Б.Н. Петрова заняли задачи теории автоматического управления подвижными объектами. Проблемам управления двигательными установками таких летательных аппаратов, как баллистические ракеты, Б.Н. Петров уделял пристальное внимание. Работы в этой области ввели его в круг творцов практической космонавтики. Полученные им и его коллективом результаты носили ключевой характер. Созданные на основе их теоретических разработок системы управления стали составной частью жидкостных ракет Главных конструкторов С.П. Королёва, М.К. Янгеля, В.Н. Челомея, В.Ф. Уткина.

С академиком С.П. Королёвым Борис Николаевич начал работать в середине 1950-х гг., выполняя исследования и разрабатывая системы регулирования для первой межконтинентальной баллистической ракеты Р-7 и ракеты-лаборатории М5-РД. Первые исследования динамики жидкостных реактивных двигателей и их электронное аналоговое моделирование Борис Николаевич с сотрудниками выполнил по просьбе В.П. Глушко в 1950–1951 гг. для стотонного двигателя. Полученные результаты моделирования ЖРД как объекта регулирования Б.Н. Петров доложил на заседании комиссии в Президиуме АН СССР, проходившем под председательством академика М.В. Келдыша.

С 1954 г. в соответствии с Постановлением Правительства Б.Н. Петров руководил работой по созданию систем управления тягой ЖРД и синхронизации опорожнения баков ракеты сложной архитектуры. Эта работа сопровождалась немалыми трудностями, сопутствовавшими созданию принципиально новых систем начиная «с нулевого уровня», без какой-либо пре-



Академики Б.Н. Петров и С.П. Королёв на совещании в Академии наук СССР. 1958 г.

дыстории и при полном отсутствии прототипов систем и литературных источников.

Разработанная коллективом Б.Н. Петрова методика электронного моделирования ЖРД на аналоговых ЭВМ помогла найти способы борьбы с продольной неустойчивостью ракеты Р-7. Знание динамики ЖРД и умение доказательно упрощать сложные уравнения позволили провести аналоговое моделирование системы регулирования «кажущейся скорости». В результате натурную отработку этой системы удалось существенно упростить и сократить.

В 1954 г. Правительство выпустило ряд постановлений о создании межконтинентальной ракеты. Было решено создать беспоплавковые бортовые измерители уровня компонентов высокой точности. К работе привлекли НИИ-88, Акустический институт АН СССР и Институт автоматики и телемеханики. Б.Н. Петрова назначили научным руководителем. Он организовал поиск принципиальных решений этой сложной задачи.

Много усилий приложил Борис Николаевич к созданию прецизионного бортового датчика давления в камере сгорания ЖРД. В.П. Глушко наложил жесткие ограничения на погреш-



Академики В.И. Дикушин, Б.Н. Петров, Б.М. Вул, Н.Г. Басов, К.А. Андрианов и Н.М. Жаворонков после вручения правительственных наград. 1969 г.

ность ($\pm 1\%$) регулирования давления в камере сгорания ЖРД. При создании такого бортового датчика столкнулись с неслаханной по трудности задачей: двигатель должен был работать в условиях сильных вибраций, больших ускорений и огромной температуре. Только жесткая позиция Б.Н. Петрова дала возможность выбрать из числа конструкторских бюро организацию, которая после длительных препирательств согласилась выполнить эту работу. Датчик для ракеты Р-7 изготовили в ОКБ Главного конструктора Р.Г. Чачикяна, и он до сих пор применяется на ракетах-носителях. Б.Н. Петров взял на себя ответственность за идеологию создания принципиально новых терминальных систем управления расходом топлива ЖРД, существенно повышавших энергетику ракеты за счет резкого сокращения гарантийных запасов топлива. Под его научным руководством создавались подобные системы всех крупных боевых ракет и ракет-носителей.

С 1956 г. Борис Николаевич занялся разработкой теории систем управления космических аппаратов. По инициативе члена-корреспондента АН СССР Д.Е. Охоцимского в нашей стране в те годы начали создаваться гравитационные системы ориентации ИСЗ. Это пассивные системы, не требующие для создания восстанавливающих мо-

ментов расхода какого-либо вида энергии. При отделении спутника от ракеты-носителя возникали значительные возмущения и требовалась простая и экономичная система предварительного успокоения. Б.Н. Петров предложил структуру и теорию оригинальной релейной системы предварительного успокоения. Дальнейшее развитие этого направления связано с разработкой теории и систем управления деформируемых космических аппаратов с присоединенными гибкими элементами (панели солнечных батарей большой площади, выносные радиоантенны). В начале 1960-х гг. возникла проблема рассеяния энергии закрутки ИСЗ, вызванной упругостью элементов конструкции, после вывода на орбиту спутник быстро терял устойчивость. Б.Н. Петров с учениками создал математическую модель деформируемых космических аппаратов и метод анализа релейной системы ориентации. Метод фазовой биплоскости позволил понять, как управлять ИСЗ с изгибными колебаниями конструкции. Этот метод нашел применение в системах управления геостационарных спутников связи серии "Радуга", "Горизонт" и "Экран". Борис Николаевич внес существенный научный вклад в создание пилотируемых кораблей "Союз" и АМС "Луна".

В 1966 г. был образован Совет по международному сотрудничеству в области исследования и использования космического пространства "Интеркосмос" при АН СССР для координации работы министерств, ведомств, научных учреждений и промышленных организаций СССР по осуществлению сотрудничества с другими странами в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях. Совместные работы в области изучения космоса проводились СССР на основе межправительственных и межведомственных соглашений с 10 социалистическими странами, Индией, Францией, США, Швецией, Австрией. Председателем Совета "Интеркосмос" избрали Б.Н. Петрова, он активно участвовал в организации международ-

ных космических программ. Одним из крупных стал проект “Союз–Аполлон” (1970–1975), над которым работали коллективы ученых, инженеров, конструкторов СССР и США. Борис Николаевич внес огромный личный вклад в решение многочисленных организационных, научных и технических проблем, связанных с этим проектом.

Б.Н. Петров всю свою творческую жизнь работал в тесном контакте с ведущими деятелями нашей ракетно-космической науки и техники – С.П. Королёвым, В.П. Глушко, М.К. Янгелем, В.Н. Челомеем, В.Ф. Уткиным, М.Ф. Решетнёвым, Н.А. Пилюгиным, В.П. Мишиным, Б.Е. Чертоком. Борис Николаевич присутствовал на большинстве пусков в Капустинном Яре и на Байконуре в первые годы освоения космического пространства. Неоднократно участвовал в работе Государственной комиссии по пускам, в обсуждении космических программ нашей страны. Многолетнее творческое сотрудничество связывало Бориса Николаевича с М.В. Келдышем. В конце 1970-х гг. Б.Н. Петров активно участвовал в формировании облика космического корабля “Буран”.

Борис Николаевич выполнял колоссальный объем научно-организационной и педагогической работы. Он написал около 200 публицистических и научно-популярных статей по крупным научным проблемам, связанным с развитием автоматики, вычислительной техники, автоматизации эксперимента, программного управления космическими исследованиями. Свою педагогическую деятельность он начал в 1944 г. в Московском авиационном институте на кафедре “Автоматическое управление и стабилизация самолетов”. С 1950 г. и до конца своей жизни он возглавлял эту кафедру, преобразованную позднее в кафедру “Системы автоматического управления летательными аппаратами”. Лекции Бориса Николаевича пользовались успехом у студентов. Благодаря его постоянной и кропотливой работе на кафедре сложился высококвалифицированный



Б.Н. Петров и М.В. Келдыш (в центре) на переговорах по советско-американскому космическому проекту “Союз–Аполлон”. 1970 г.

научнопедагогический коллектив, ее учебный план стал образцом для многих вузов страны. Борис Николаевич способствовал созданию крупных коллективов специалистов. Сформированная им научная школа успешно развивает актуальные проблемы современной теории управления. Многие его ученики защитили диссертации, стали известными учеными и инжене-



Академики В.П. Глушко и Б.Н. Петров 1978 г.



Научно-исследовательское судно "Академик Борис Петров".

рами, возглавляют кафедры, различные научные и промышленные организации.

В 1953 г. Б.Н. Петрова избрали членом-корреспондентом АН СССР, в 1960 г. – академиком.

Б.Н. Петров был не только крупным ученым, но и выдающимся организатором науки. С 1963 г. он – бессменный академик-секретарь Отделения механики и процессов управления АН СССР, а в 1979 г. его избрали вице-президентом Академии наук СССР.

Советское правительство высоко оценило заслуги Бориса Николаевича. Ему присвоено звание Героя Социалистического Труда, он награжден пятью орденами Ленина, орденами Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени, Красной Звезды, удостоен Ленинской премии и Государственных премий СССР. Деятельность Б.Н. Петрова нашла международное признание:

его избрали действительным членом Международной академии астронавтики, иностранным членом Чехословацкой, Венгерской, Болгарской и Польской академий наук, он удостоен ряда иностранных орденов, золотой медали Национального центра космических исследований Франции.

Бориса Николаевича любили его ученики, коллеги, учителя. С большой теплотой относились к нему В.С. Кулебакин и Н.Н. Лузин, в домах которых Б.Н. Петров и члены его семьи были всегда желанными гостями. Сохранилось письмо Н.Н. Лузина от 23 августа 1949 г.: *"Не получая от Вас столь долгое время известий, я уже начал думать, что административная жизнь (Борис Николаевич Петров возглавлял в то время коллектив Института автоматики и телемеханики. – Прим. авт.) отнесла Вас от научного углубления, и искренне пожалел Вас, ибо администрирование сушит людей и старит их не по годам, тогда как научное и художественное творчество молодит. А ведь Вы – молоды!"* Н.Н. Лузин,

учитель Бориса Николаевича, боялся, что его любимый ученик отойдет от большой науки. “Административная жизнь” отнюдь не отвлекла его от “научного углубления”, чего так опасался Н.Н. Лузин.

Все, чего добился Борис Николаевич, он достиг благодаря большому труду. Он был всесторонне образованным человеком. Прекрасно знал художественную литературу, искусство. В часы отдыха любил рисовать.

23 августа 1980 г. безвременная смерть унесла его, полного творческих сил. Имя Б.Н. Петрова навсегда останется в анналах отечественной науки.

В ноябре 1980 г. вышло постановление Правительства об увековечении памяти Б.Н. Петрова. Президиум АН СССР учредил золотую медаль имени

Б.Н. Петрова (с 1993 г. – премия), присуждаемую за выдающиеся работы в области теории и систем автоматического управления, а также в области экспериментальных исследований по освоению космического пространства. Одна из площадей Москвы названа в честь академика Б.Н. Петрова, и одному из научно-исследовательских кораблей Академии наук присвоено его имя. На зданиях Института проблем управления и Московского авиационного института установлены мемориальные доски в память Бориса Николаевича Петрова.

*В.Ю. РУТКОВСКИЙ,
доктор технических наук
Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова РАН*

Информация

Яркая комета 2013 г.

21 сентября 2012 г. астрономы-любители Виталий Невский (Витебск, Беларусь) и Артём Новиченок (Петрозаводск, Россия) открыли долгопериодическую комету C/2012 S1 (ISON). Она обнаружена с помощью 40-см рефлектора обсерватории проекта ISON (International Scientific Optical Network – международная научная оптическая сеть), расположенной около

Кисловодска, и программы автоматизированного открытия астероидов и комет CoLiTec. Орбита кометы, скорее всего, параболическая, с периодом обращения 2 млн лет, наклонение к плоскости эклиптики – 62,36°. Это означает, что она прилетела из Облака Оорта. Комета выбрасывает 51 т пыли в минуту и обладает комой диаметром 10”, что соответствует 50 тыс. км, на расстоянии 6,75 а.е. Наиболее вероятный диаметр ее ядра – 3–5 км.

В августе 2013 г. комету можно будет наблюдать в телескоп, с октября – в бинокль. 28 ноября она пройдет перигелий на расстоянии 0,0124 а.е. (1,2 млн км) от Солнца, 26 декабря 2013 г. пролетит в 0,42 а.е. (63 млн км) от Земли. Возможно, что к 2014 г. длина

хвоста кометы будет 45°. Новая комета может превзойти по яркости комету Хейла – Боппа (Земля и Вселенная, 1997, № 1, 1997, № 4, с. 13–14). Не исключается возможность испарения кометы после сближения с Солнцем.

Комета C/2012 S1 (ISON), вероятно, содержит летучие газы из внешней области Солнечной системы. Это даст возможность сделать спектральный анализ вещества, образовавшегося 4,6 млрд лет назад. Около перигелия ее будут наблюдать космические солнечные обсерватории “SOHO”, “TRACE”, “Hinode”, “STEREO”, “Proba-2” и “SDO”.

По материалам информ-
агентств,
8 января 2013 г.

Всеволод Сергеевич Троицкий

(К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)



*Член-корреспондент АН СССР
В.С. Троицкий (1913–1996).*

Выдающийся ученый, один из основателей отечественной радиоастрономии, профессор, член-корреспондент АН СССР, доктор физико-математических наук Всеволод Сергеевич Троицкий родился 25 марта 1913 г. в селе Михайловском Тульской губернии. В 1918 г. семья переехала в Нижегородскую

губернию – село Зелецино, недалеко от г. Кстово. Отца семьи, Сергея Михайловича, назначили директором Зелецинского паточного завода, мать, Варвара Андриановна, стала там же работать мастером. В 1920 г. отец В.С. Троицкого умер от тифа.

В 1925 г. семья переезжает в Горький, где прошла вся дальнейшая жизнь Всеволода Сергеевича. Здесь в 1930 г. он окончил школу-девятилетку, в 1932 г. – техникум связи. С 1932 г. по 1936 г. работал в Центральной военно-индустриальной радиолaborатории в должности сначала лаборанта, затем инженера. В 1936 г. он поступил на физико-математический факультет Горьковского госуниверситета и в 1941 г. окончил его с отличием.

Во время Великой Отечественной войны В.С. Троицкий трудился на радиозаводе им. В.И. Ленина техническим руководителем, начальником цеха, позднее – заведующим лабораторией.

В 1945 г. Всеволод Сергеевич поступил в аспирантуру Горьковского госуниверситета, в 1950 г. защитил кандидатскую диссертацию под руководством профессора Габриэля Семёновича Горелика, одного из основателей радиофизики – науки о волновых и колебательных процессах.

Начинается его интенсивная научная деятельность: в 1948–1956 гг. в Горьковском госуниверситете и Горьковском научно-исследовательском физико-техническом институте (ГИФТИ), а

с 1956 г. в Научно-исследовательском радиофизическом институте (НИРФИ), где он с самого основания института руководил большим коллективом сотрудников. НИРФИ Всеволод Сергеевич посвятил 40 лет, организовав свою научную школу и воспитав большой коллектив соратников и последователей. В 1956–1991 гг. В.С. Троицкий – заведующий научным отделом НИРФИ, в 1970–1982 гг. – заместитель директора Института по научной работе, с 1991 г. – главный научный сотрудник.

Неоценим вклад В.С. Троицкого в развитие радиоастрономии и радиофизики в стране. С именем Всеволода Сергеевича связано создание теории и методов измерения параметров сигналов со сплошным спектром. Их интенсивность существенно ниже уровня шумов приемных устройств, на основе которых во второй половине 1940-х гг. он сконструировал первые в стране радиометры и радиотелескопы для приема космического радиоизлучения, начал исследовать радиоизлучение Солнца, Луны, атмосферы, а позднее – дискретные источники и распределенное космическое радиоизлучение.

Интенсивная деятельность в ГИФТИ и на кафедре Горьковского госуниверситета позволила В.С. Троицкому вместе с отделом профессора М.Т. Греховой выполнить ряд прикладных научно-исследовательских работ, определивших основную тематику организованного ею в 1956 г. НИРФИ. Помощниками М.Т. Греховой были М.М. Кобрин, В.С. Троицкий и А.А. Рябов. Основным направлением дальнейшей научной деятельности В.С. Троицкого в институте, безусловно, была радиоастрономия. Уже в своей кандидатской диссертации (1950 г., первая в стране диссертация по радиоастрономии!) Всеволод Сергеевич закладывает основы СВЧ-радиометрии и ее применения в прикладной и фундаментальной науке.

Его работы, направленные на повышение чувствительности, стабильности радиометров, на повышение точности



Г.С. Горелик и В.С. Троицкий на кафедре Общей физики радиофизического факультета Горьковского госуниверситета им. Н.И. Лобачевского. 1951 г.



А.Г. Кисляков, В.С. Троицкий и В.Д. Кротиков на радиоастрономическом полигоне "Зименки". 1964 г.

измерений, способствовали в дальнейшем внедрению разработок Всеволода Сергеевича в промышленное производство и подъему уровня отечественного приборостроения.

Радиометры впервые применили на радиоастрономическом полигоне "Зименки", организованном ГИФТИ в 1949 г. Здесь были поставлены эксперименты по измерению рефракции и поглощения радиоволн в атмосфере, наблюдению потоков радиоизлучения Солнца и Луны. Изучение атмосферы радиометрическими методами

в дальнейшем оформилось в самостоятельное научное направление, но их физические основы были заложены в отделе В.С. Троицкого.

Разработки радиометров, антенных систем и методов радиоастрономических измерений, выполненные в процессе этих исследований, нашли широкое применение в радиофизике, СВЧ-технике и антенных измерениях. В частности, В.С. Троицкий и В.А. Разин предложили и осуществили метод определения КПД антенн по их собственным тепловым шумам.

Еще одним направлением работ было чрезвычайно перспективное теоретическое и экспериментальное изучение свойств молекулярных генераторов, проведенное В.С. Троицким и его учениками в 1956–1963 гг.

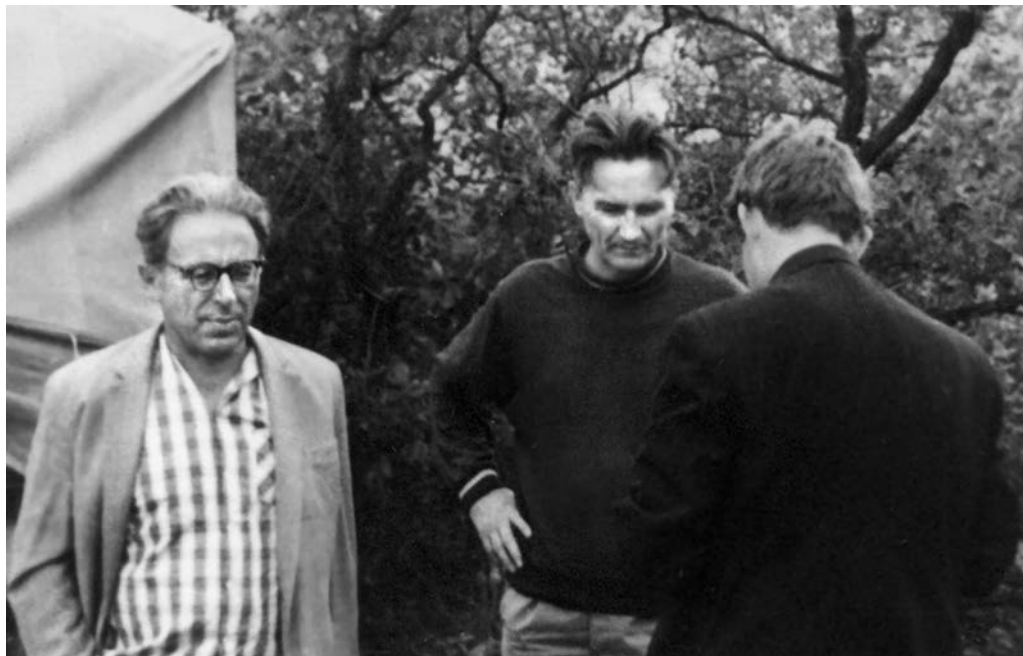
Всеволод Сергеевич, несомненно, обладал способностью выбирать перспективные направления науки, в его деятельности можно выделить несколько продолжительных “циклов” решения актуальных научных проблем. Одним из самых ярких был цикл исследований радиоизлучения Луны (1953–1970). Вначале Луна использовалась как источник радиоизлучения для измерений атмосферного поглощения и рефракции. Еще в 1952 г. было установлено, что на волне примерно 10 см температура Луны в радиодиапазоне практически не зависит от ее фазы. Это объяснялось тем, что радиоизлучение на этой волне генерируется в глубоких слоях коры, куда не проникают тепловые возмущения, вызванные инсоляцией. В 1954 г. В.С. Троицкий публикует в *Астрономическом журнале* основополагающую статью по теории радиоизлучения Луны. В ней сформулированы задачи и оценены возможности радиоастрономических исследований Луны. А годом позже обобщаются результаты наблюдений фазового хода радиоизлучения Луны на волне 3,2 см, измеренного впервые в мире. Эти данные позволили В.С. Троицкому сделать определенные выводы о строении верхнего покрова Луны. В шестидесятые годы в НИРФИ соз-

даются аппаратура и антенны для наблюдений радиоизлучения Луны в диапазоне 0.87 мм – 50 см (примерно на 12 длинах волн), организуется несколько экспедиций (в том числе в горные районы) для наблюдений лунных циклов и затмений. К 1963 г. были обобщены данные систематических наблюдений Луны, позволившие определить физические свойства ее коры на глубине до 10 м. Все эти работы велись со значительным опережением аналогичных за рубежом.

Следует отметить, что в то время существовал ряд гипотез о строении лунной коры, сложившихся на основе результатов оптических наблюдений различных лунных образований и их сравнения по соответствующим характеристикам с земными породами. Из принятых гипотез следует выделить две диаметрально противоположные – “пылевую” гипотезу Т. Голда, предполагающую, что поверхность Луны покрыта рыхлой пылью, и “метеорно-шлаковую”, поддерживаемую отечественными учеными В.В. Шароновым и Н.П. Барбашовым, согласно которой лунная поверхность имеет твердо-пористую структуру. Однако оптические наблюдения не давали ответа на вопрос о физических свойствах и строении лунной коры.

Наряду с собственными исследованиями Луны Всеволод Сергеевич ведет активную переписку с отечественными и зарубежными коллегами. Он организует сотрудничество НИРФИ с ФИАН, ИКИ, ГАО, КРАО, ЛИТМО, ЛГУ, АО ХГУ в измерении радиоизлучения Луны и планет с помощью антенн высокого разрешения, изучении тепловых и электрических характеристик земных пород – возможных аналогов лунного грунта, обмене научно-технической информацией.

Исследования физических свойств лунной коры, выполненные под руководством В.С. Троицкого, можно разделить на два этапа. На первом он определил теплофизические характеристики верхнего слоя Луны толщиной до 10 м по его радиоизлучению



Выдающиеся радиоастрономы И.С. Шкловский, В.С. Троицкий и Н.С. Кардашёв. Крым, Кара-Даг. 1962 г.

(0,087–10 см) во время наблюдения лунных циклов и затмений. Эти данные позволили отвергнуть “пылевую” модель лунной коры, доказали высокую несущую способность лунного грунта и выявили его неоднородность в самой верхней части (в слое толщиной около 1 см). На втором этапе Всеволод Сергеевич произвел прецизионные (с точностью 2–4%) измерения постоянной составляющей радиотемпературы Луны в интервале 0,4–50 см, что позволило обнаружить поток тепла из недр Луны. Последний результат был зарегистрирован в СССР в 1962 г. как открытие (авторы В.С. Троицкий и В.Д. Кротиков).

Все без исключения результаты определения группой В.С. Троицкого теплофизических характеристик лунного грунта были позднее подтверждены информацией, полученной с помощью автоматических межпланетных станций. Более того, данные о прочности лунного грунта использова-

лись в СССР при проектировании АМС “Луна-9” и “Луна-13” и “Лунохода-1”. Аналогичная программа изучения лунного грунта проводилась в 1966–1968 гг. АМС “Сервейер” (США).

В сентябре 1965 г. на лунно-планетной конференции в США, организованной Калифорнийским технологическим институтом и Лабораторией реактивного движения NASA, В.С. Троицкий сделал доклад “Исследование Луны и планет с помощью теплового излучения”, вызвавший огромный интерес. В докладе были детально изложены результаты НИРФИ. Всеволод Сергеевич рассказал, что верхний покров Луны твердый и пористый со слоистой структурой, образованный спекшими-ся частицами лунного грунта размером 0,1–0,2 мм. Для повышения точности абсолютных и относительных измерений он использовал предложенный и разработанный им метод “искусственной Луны”, сравнивая радиоизлучение Луны с излучением эталонных “чер-



Выступление В.С. Троицкого на совещании по итогам полета АМС "Луна-9". Москва, 1966 г.

нотельных" дисков, имеющих угловые размеры Луны и расположенных в волновой зоне антенны радиотелескопа. Для применения этого метода Всеволод Сергеевич организовал ряд радиоастрономических пунктов, в том числе и известную радиоастрономическую станцию в Крыму вблизи горы Кара-Даг.

В дальнейшем метод "искусственной Луны" использовался для высокоточных измерений эффективной температуры распределенного радиоизлучения Галактики и потоков дискретных источников, в результате чего были подготовлены их каталоги. Позднее этот метод применялся при исследовании радиоизлучения Марса и Меркурия и параметров антенн в ближней зоне.

В феврале 1966 г. спускаемый аппарат АМС "Луна-9" совершил мягкую посадку на поверхность Луны и пере-

дал на Землю панорамное изображение лунной поверхности. Конструкторы АМС подарили Всеволоду Сергеевичу это изображение как подтверждение обоснованной им модели лунного грунта. Сразу же после успешного полета АМС "Луна-9" В.С. Троицкий на заседании отделения общей и прикладной физики АН СССР рассказал об этапе наземных исследований Луны, получивших в результате мировое признание.

За исследования в области радиоастрономии и статистической радиофизики В.С. Троицкому в 1962 г. была присуждена ученая степень доктора физико-математических наук, в 1964 г. – ученое звание профессора. В 1970 г. В.С. Троицкий избран членом-корреспондентом Академии наук СССР.

В 1965 г. В.С. Троицкий поручил своему ученику В.А. Алексееву разработку аппаратного комплекса радиоинтерферометра с независимым приемом – двухэлементного радиоинтерферометра со сверхдлинной базой (РСДБ). Потребность в инструменте для радиоастрономии, позволяющем реализовать сверхвысокое разрешение, к этому времени уже назрела. Создание комплекса РСДБ в НИРФИ началось одновременно с аналогичным в Канаде и США. Реализация первого действующего варианта радиоинтерферометра с автономным приемом потребовала четырехлетней напряженной работы.

В марте 1968 г. на двух 15-м радиотелескопах НИРФИ были проведены испытания радиоинтерферометра с независимым приемом. Принято радиоизлучение дискретного источника Телец А

на частоте 1 ГГц. В сентябре 1969 г. прошли успешные испытания комплекса по радиоизлучению того же дискретного источника на частоте 86 МГц с использованием цилиндрических антенн ФИАН, отстоящих на 230 км. В 1965–1981 гг. изготовлена аппаратура для РСДБ на частотах 6, 9, 25, 86, 327, 408, 5300 и 22 235 МГц. В 1969 г. начались наблюдения космического радиоизлучения на крупных радиотелескопах страны. Впервые измерен угловой размер источника Кассиопея А на дециметровых волнах. Проведены наблюдения на базе Пушино – Симеиз космических мазеров в линии H_2O с угловым разрешением 10^{-3} секунд дуги. В этом эксперименте участвовало 10 научных организаций страны.

В.С. Троицкий предложил основы нового научного направления – прецизионной радиоастрометрии. Об этом



В.С. Троицкий у радиотелескопа после сеанса наблюдений. Крым, Кара-Даг. 1965 г.

он сделал доклад 4 марта 1974 г. на годовом собрании Отделения общей физики и астрономии АН СССР и опубликовал статьи в научных журналах. Это направление нашло применение: измерены скорости вращения Земли и движение ее полюсов, приливов в земной коре, тектонических и сейсмических проявлений и т.п.

В этот период Всеволод Сергеевич увлекся проблемой поиска внеземных цивилизаций (SETI). Он анализирует гносеологическую сторону проблемы и в то же время ставит эксперименты по обнаружению сигналов предположительно искусственного происхождения, предлагая программы поиска внеземных цивилизаций, обсуждаемые на многочисленных международных симпозиумах.

В 1978 г. В.С. Троицкий ставит принципиально новую задачу, лишь косвенно связанную с радиоастрономией, — изучение теплового радиоизлучения тела человека для диагностики заболеваний внутренних органов. Под руководством В.С. Троицкого в НИРФИ был организован научный отдел с основным направлением радиотермометрии человеческого тела. Связь с радиоастрономией только в том, что для радиотермометрии тела человека используются радиометры — те же приборы, что и в радиотелескопах. Радиоастрономам пришлось потрудиться, чтобы сконструировать специальные антенны для измерения теплового излучения тела человека. Приборы экспонировались на ВДНХ и были отмечены высокими наградами. Секрет успеха заключался в удачной методике калибровки радиометров, а также в адекватном моделировании объекта измерений (двухслойная модель тканей). Эти исследования Всеволода Сергеевича также завершились внедрением разработок в промышленность и появлением серийных приборов медицинского назначения.

В 1980-х гг. В.С. Троицкий сосредоточил свои силы на построении альтернативной модели Мира. К этому его побудили известные расхождения на-

блюдательных следствий общепринятой релятивистской космологической модели с результатами экспериментов. К таким расхождениям можно отнести зависимости многих параметров источников радиоизлучения от их красного смещения. Результаты измерений нередко лучше согласуются со стационарной моделью Вселенной. Всеволод Сергеевич организовал обработку огромных массивов данных наблюдений квазаров и радиогалактик, показав, что расхождения имеют принципиальный характер. Ему удалось согласовать многие астрофизические данные в предположении, что закон Хаббла не отражает всеобщего расширения Вселенной, а является следствием “старения” фотонов. Его точку зрения пока не приняли астрофизики нашей страны, и труды В.С. Троицкого по этой проблеме опубликованы только за рубежом. Последняя работа В.С. Троицкого была опубликована в год его кончины, в 1996 г.

В.С. Троицкий вел большую научно-организационную и общественную работу. Он был членом Международных союзов (URSI, IAU) и ряда научных советов АН СССР и РАН, председателем Горьковского областного правления Российского научно-технического общества радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова, создал и длительное время возглавлял рабочую группу (позднее секцию) Научного совета по радиоастрономии и Астрономического совета АН СССР “Поиски космических сигналов искусственного происхождения”. Всеволод Сергеевич входил в редколлегии международных журналов “Icarus” и “Moon”.

Наряду с интенсивной научной деятельностью В.С. Троицкий с 1945 г. преподавал на радиофизическом факультете Горьковского госуниверситета им. Н.И. Лобачевского (ныне ННГУ), где был ассистентом, доцентом, а потом и профессором. В 1953–1960 гг. и в 1982–1987 гг. он заведовал кафедрой радиотехники радиофизического факультета. Под его руководством защищено 25 кандидатских диссертаций,

несколько его учеников стали докторами наук.

В.С. Троицкий создал мощную научную школу, развивающую его идеи и продолжающую начатые им исследования, признанные в нашей стране и за рубежом. За исследования Луны В.С. Троицкому была присуждена премия им. А.С. Попова, одна из высших наград АН СССР. В 1971 г. В.С. Троицкому присвоено почетное звание “Заслуженный деятель науки и техники РСФСР”. В 1991 г. его избрали действительным членом Международной славянской академии.

В.С. Троицкий всегда был примером творческого отношения к делу, инициатором многих культурных и спортивных

мероприятий, отличался общительным характером, был центром и душой любой компании. Жизнь и творчество В.С. Троицкого могут служить примером бескорыстного и самоотверженного служения науке и обществу.

Авторы признательны сыновьям, Аркадию Всеволодовичу и Роману Всеволодовичу Троицким, за помощь в подборке материалов о жизни и деятельности В.С. Троицкого.

А.Г. КИСЛЯКОВ,

доктор физико-математических наук,

В.Д. КРОТИКОВ,

*кандидат физико-математических наук
НИРФИ*

Информация

Лунная программа

Академик Л.М. Зелёный в декабре 2012 г. выступил в ПРАО ФИАН по проблемам изучения Луны. В последние годы открылись новые аспекты, породившие волну интереса к ней. Например, до сих пор неизвестно, как она появилась, создав с Землей уникальную небесную пару. Существует шесть моделей, объясняющих природу образования Луны, из них наиболее проработаны три: модель совместно-

го формирования, столкновения с крупным телом и косого удара, в результате которого возник спутник. Решить эту проблему помогут подробные исследования ее ядра (см. стр. 105).

Сегодня внимание ученых привлекают полярные области Луны. Их исследованиями занялись США, Китай, Япония и Индия. В 2017 г. Россия и Индия планируют осуществить совместную программу “Луна-Ресурс”. Предполагается “посадить” аппарат в районе Южного полюса, исследовать местные ресурсы и, возможно, доставить луноход и собрать образцы грунта для отправки на Землю. Целью другого проекта – “Луна-Глоб” – станет на-

блюдение за Луной с орбиты и посадка аппарата в районе Северного полюса. Запуски по этой программе планируются уже в 2015 г. и 2016 г. Один из приборов для этого проекта – “ЛОРД” (лунный орбитальный радиодетектор) – разрабатывается в ФИАН. Он будет регистрировать космические лучи ультравысоких энергий по их когерентному радиоизлучению, используя Луну в качестве мишени.

В будущем возможно развертывание на Луне работ в области астрофизики, оптической астрономии и радиоастрономии.

Пресс-релиз ПРАО
ФИАН,
13 марта 2013 г.

«Наблюдаемые проявления эволюции звезд»

За последние 10–15 лет были сделаны важнейшие открытия, кардинальным образом отразившиеся на наших представлениях об устройстве мира. На этом фоне, казалось бы, не совсем актуально изучать

достаточно хорошо разработанную классическую теорию звездной эволюции. Но далеко не на все вопросы, возникающие при анализе очень сложного процесса формирования и эволюции звезд, есть ответы.

Современные методы астрофизики позволяют обнаруживать звезды с экстремальными свойствами (ультраяркой светимостью, сверхсильными магнитными полями, сверхбыстрой переменностью и т.п.),



Участники Конференции возле входа в здание САО РАН. Фото Е.Ю. Кучаевой.

которые не вытекают из общей теории звездной эволюции, а являются, по-видимому, следствием формирования конкретной звезды в особых условиях. Поэтому астрофизики решают еще и фундаментальную научную задачу: с помощью наблюдений проверить справедливость известных нам законов физики в экстремальных космических условиях.

Ведущие ученые Специальной астрофизической обсерватории (САО) РАН предложили провести в обсерватории большую конференцию в области звездной астрофизики, пригласив максимально возможное количество молодых российских астрофизиков. Председателем научного Оргкомитета этой конференции назначили директора САО РАН члена-корреспондента РАН Ю.Ю. Балега. Местный Оргкомитет возглавили И.И. Романюк (председатель), О.Н. Шолухова (заместитель председателя). Всероссийская молодежная астрономическая конференция «**Наблюдаемые проявления эволюции звезд**» состоялась 15–19 октября 2012 г. в поселке Нижний Архыз Карачаево-Черкесской Республики. В ней приняли участие 120 человек: два члена-корреспондента (Ю.Ю. Балега и Б.М. Шустов), 25 профессоров и докторов наук и около 80 молодых ученых – сотрудников всех ведущих



*Заседание секции “Двойные и релятивистские звезды”.
Фото Е.Ю. Кучаевой.*

астрономических центров России: ИНАСАН, ГАО РАН, САО РАН, ГАИШ МГУ, ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербургский, Казанский, Ростовский и Уральский университеты. Участниками конференции стали также трое молодых ученых из Крымской астрофизической обсерватории (Украина).

Собрание “звездников” страны прошло на высоком научном уровне. Ученые прочитали 12 приглашенных лекций на пленарных заседаниях. Работали две секции: “Физические параметры звезд” и “Двойные и релятивистские звезды”, на них заслушано около 60 устных и 40 стендовых докладов. Подробные сведения об участниках Конференции, членах научного и местного оргкомитетов, ее программу можно найти на сайте [\[agora.guru.ru/display.php?conf=SAOStarEvolution2012\]\(http://agora.guru.ru/display.php?conf=SAOStarEvolution2012\).](http://</p></div><div data-bbox=)

Конференцию открыл член-корреспондент РАН **Ю.Ю. Балега**. Он отметил: полный зал молодых “звездников” показывает, что провал 1990-х гг., случившийся по известным причинам, позади и есть надежда на возрождение лидирующих позиций российских исследователей звезд в мировой науке.

Член-корреспондент РАН **Б.М. Шустов** (ИНАСАН) прочитал обзорный богато иллюстрированный доклад “Наблюдаемые проявления эволюции звезд от межзвездных облаков до молодых звезд и планетных систем”, вызвавший большой интерес. Были продемонстрированы многочисленные примеры областей формирования звезд и кандидатов в протозвезды – плотных



Доктор физико-математических наук И.И. Романюк.
Фото Е.Ю. Кучаевой.

молекулярных облаков со сгустками. Докладчик рассказал, каким путем и в каких условиях формируется протозвезда, рассмотрел различные аспекты химической эволюции звезд.

В докладе “Протопланетные диски и фотометрическая активность звезд” доктор физико-математических наук **В.П. Гринин** (ГАО РАН) проанализировал различные особенности, проявляющиеся в спектрах загадочных звезд Ae/Be Хербига и переменных Т Тельца, не вступивших на Главную последовательность. Автор показал, как меняются профили спектральных линий разных типов звезд, связанные с существованием достаточно плотной дискообразной оболочки, формирующейся у наиболее молодых звезд. В.П. Гринин

рассмотрел роль магнитных полей в возникновении феномена активного звездообразования в объектах Хербига.

Доктор физико-математических наук **М.Р. Гильфанов** (ИКИ РАН) в докладе “Рентгеновские двойные в звездообразовательных галактиках” сделал заключение, что на ранних этапах эволюции звезды происходит мощное энерговыделение, приводящее к наблюдаемому рентгеновскому излучению от молодых двойных звезд. Этот вывод основан на анализе данных, полученных с помощью космических рентгеновских обсерваторий.

В докладе “Магнитные поля звезд” доктор физико-математических наук **И.И. Романюк** описал современные методы измерений магнитных полей звезд разных типов, в частности применяемые на 6-м телескопе САО РАН. Результаты многолетних измерений показывают, что достоверно магнитные поля обнаружены у химически пекулярных Ap/Bp-звезд, магнитных белых карликов и части холодных пятнистых звезд. Вероятно, поля найдены у звезд типа Ae/Be Хербига и Т Тельца. Для массовых измерений полей необходимо достигать точности 1 Гс, что на 1–2 порядка лучше, чем возможно в настоящее время. На телескопе БТА-6 получено около 1/3 всех

измерений магнитных полей CP-звезд.

Профессор **Н.В. Вошинников** (СПбГУ) прочитал доклад “Магнитные поля в облаках звездообразования”. Ученый раскрыл механизмы эволюции звезды в магнитном поле и при его отсутствии. Надежно доказано, что магнитное поле у нашей Галактики существует и направлено вдоль ее спиральных рукавов. Кроме общего поля Галактики наблюдаются локальные поля (на три порядка более сильные) в гигантских молекулярных облаках, где образуются звезды. Автор доклада познакомил с различными сценариями образования звезд в магнитном поле.

Член-корреспондент РАН **Ю.Ю. Балега** в докладе “Интерферометрия звезд” раскрыл принцип работы интерферометров разных типов и представил результаты интерферометрических наблюдений, выполненных группой САО РАН на 6-м телескопе. В ходе исследования были обнаружены близкие спутники у многих десятков различных объектов, в частности у знаменитой кратной системы Θ Ориона. У ярких сверхгигантов найдены абсолютные (в километрах) изменения их диаметра, например у известной холодной пульсирующей двойной звезды Мира Кита. Доля двойных среди магнитных звезд зависит от



Профессор В.Г. Ключкова.
Фото Е.Ю. Кучаевой.

расстояния между компонентами.

В блестящем докладе “Моделирование как основной метод исследования звездных атмосфер” профессор **Н.А. Сахибуллин** (Казанский университет) сравнил наиболее популярные из них. Автор указал преимущества и недостатки основных программ, используемых для вычислений. Особое внимание он уделит проблемам, связанным с расчетами в условиях, когда атмосферы не находятся в условиях локального термодинамического равновесия.

Профессор **В.Г. Ключкова** (САО РАН) посвятила свой доклад нестационарным атмосферам звезд высокой светимости, не стабильным из-за переменной величины скорости звездного ветра. Профили спектральных линий испытывают многочисленные изменения — хаотические и

квазипериодические. Анализ атмосфер этих редких объектов сопряжен с большими трудностями. Теория, объясняющая эти явления, еще плохо развита. Отдельное внимание было уделено инфракрасным источникам, отождествляемым со звездами высокой светимости.

Доктор физико-математических наук **Р.Л. Юнгельсон** (ИНАСАН) в докладе “Эволюция двойных звезд от Главной последовательности до Сверхновой типа 1a” рассмотрел сценарии эволюции двойных звезд различной массы. Современная теория звездной эволюции — хорошо развитая наука, подкрепленная надежными наблюдательными фактами. В этом смысле двойные звезды позволяют более надежно определять многие физические параметры, например массы объектов.

В докладе “Звездные скопления как тест современной теории звездной эволюции” профессор **А.С. Расторгуев** (ГАИШ МГУ) рассмотрел закономерности развития звезд разных типов в молодых и старых скоплениях. Возраст скоплений определяется достаточно надежно, членство звезд в скоплениях — тоже, поэтому по частоте встречаемости звезд разных возрастов можно проверить правильность теории звездной эволюции.

Профессор **С.Н. Фабрика** (САО РАН), прочитавший доклад “Ультраредкие рентгеновские источники”, познакомил слушателей с очень редким классом объектов — ULXs. Они находятся во внешних галактиках, их рентгеновские светимости (10^{39} – 10^{41} эрг/с) в тысячи раз больше, чем светимости ярчайших черных дыр нашей Галактики. Источники ULXs могут быть сверхкритическими аккреционными дисками вокруг черных дыр звездных масс (около $10 M_{\odot}$) по типу SS433 или гипотетическими черными дырами промежуточных масс (10^3 – $10^4 M_{\odot}$) со стандартными аккреционными дисками. С помощью телескопа VLT Европейской Южной Обсерватории исследованы галактики NGC 4038/4039 (“Антенны”) и NGC 3256 на южном небе, с помощью телескопа БТА-6 САО РАН — галактики



Профессор С.Н. Фабрика.
Фото Е.Ю. Кучаевой.



Член-корреспондент РАН Ю.Ю. Балега и профессор Н.А. Сахибуллин. Фото И.И. Романюка.

NGC 4485/4490 на северном небе. В этих галактиках обнаружены скопления звезд с ультраяркими рентгеновскими источниками класса ULXs.

Профессор **Ю.А. Щекинов** (Ростовский Южный Федеральный университет) выступил с докладом “Первые звезды во Вселенной” об очень массивных бедных металлами объектах, возникших

на самых ранних стадиях формирования нашей Вселенной. Поиск таких объектов и анализ их атмосфер очень важны, так как позволяют определить начальный химический состав нашей Вселенной.

Для Конференции подготовлено около 60 устных докладов, их авторы – в основном молодые ученые. Очень важно, что

у них была возможность выслушать критические замечания и полезные советы от ведущих ученых страны. К сожалению, нет возможности даже перечислить лучшие из докладов. Был выпущен и распространен среди участников сборник приглашенных лекций и устных докладов. Материалы Конференции имеются в распоряжении Оргкомитета и могут быть высланы астрономам.

Оргкомитет и участники Конференции посетили прекрасный концерт артистов Карачаево-Черкесской филармонии. Конференция завершилась на поляне недалеко от обсерватории пикником и веселыми спортивными соревнованиями.

*И.И. РОМАНЮК,
доктор физико-математических наук*

*О.Н. ШОЛУХОВА,
кандидат физико-математических наук*

Информация

Планы годового полета на МКС

На весну 2015 г. запланирована годовая экспедиция на МКС. В ней примут участие российский космонавт

Михаил Корниенко и американский астронавт Скотт Келли. В ходе годового полета будет проведено около 30 медико-биологических экспериментов, из них 8–9 совместно с американскими коллегами. В ходе длительного полета предполагается изучить риск нарушения зрения, костно-мышечную и иммунную системы человека, вестибулярный аппарат, клетки крови на молеку-

лярно-генетическом уровне. Программу готовят NASA и Институт медико-биологических проблем РАН.

Год и более на околоземной орбите работали космонавты М.Х. Манаров, В.Г. Титов, В.В. Поляков и С.В. Авдеев.

По материалам Роскосмоса и ИМБП РАН,
7 января 2013 г.

Биосфера как глобальный организм

(К 150-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
В.И. ВЕРНАДСКОГО)

В науке нет до сих пор ясного сознания, что явления жизни и явления мертвой природы, взятые с геологической, т.е. планетной, точки зрения, являются проявлением одного процесса.

В.И. Вернадский

СИНТЕЗ ЗНАНИЙ

В.И. Вернадский не ограничивался частными научными проблемами, например структурой кристаллов или химическим составом живого вещества. Об этом говорят названия наук, прославивших его имя: геохимия, радиогеология, биогеохимия, генетическая минералогия. Великим его достижением стало учение о биосфере – синтез наук о Земле.

Владимир Иванович стремился изучать природу как единое целое. Он остался в стороне от главного направления науки XX в. – специализации. Даже кое в чем вернулся назад, во время, когда было принято “испытывать натуру”, проникать мыслью в сущность естества (вспомним Канта, Ломоносова, Бюффона, Кювье, Гумбольдта). Он совмещал теоретические труды с практической деятельностью: организацией русской науки, изучением России.

В начале Первой мировой войны Вернадский подал в Академию наук записку, предлагая привлечь ученых к исследованию природных ресурсов страны. Доклад утвердили, была организована Комиссия естественных производительных сил России (КЕПС) под



*Приват-доцент Московского университета
В.И. Вернадский. 1890 г.*



Профессор Московского университета
В.И. Вернадский. 1905 г.

председательством В.И. Вернадского. Его назначили также председателем ученого совета при Министерстве земледелия. В работе КЕПС участвовали сотни специалистов, включая почвоведов, агрономов, биологов. Были изданы первые тома отчетов. Огромные масштабы империи, обильной минеральными, водными, биологическими ресурсами, необходимость умело пользоваться ими – все это наталкивало Вернадского на новые идеи.

Во Временном правительстве Владимир Иванович исполнял обязанности товарища министра просвещения. Летом 1917 г. он уехал в свое имение на Украине. Здесь его застала Гражданская война.

...В начале XX в., работая над “Опытном описательной минералогии”, Вернадский подчеркнул роль живых существ в судьбах минералов: *“Организмы являются важными и неизбежными звеньями, исключить которые мы не можем, если желаем получить науч-*

ное представление о правильностях, наблюдаемых в химии земной коры”. Он вплотную подошел к выделению живых организмов из остальных геохимических сил как особого природного глобального тела. Никто не осмысливал сущность жизни в таком аспекте, хотя о геологической деятельности организмов убедительно писали еще Ж. Кювье и Ж. Бюффон, Ч. Лайель. Владимир Иванович обосновал вывод: нет на земной поверхности более могучего геохимического агента, чем живое вещество. Оно создало современную атмосферу, богатую кислородом и обедненную углекислым газом; оно влияет на химический состав природных вод, почв и морских илов. Гигантские массы осадочных и метаморфических горных пород несут на себе влияние деятельности живых организмов.

В годы Гражданской войны В.И. Вернадский почувствовал, что работа его вскрывает глубокий пласт реальности. Среди идей и фактов, постепенно приходящих в порядок, он ощутил приближение к чему-то чрезвычайно важному, позволяющему постичь жизнь Земли и суть человеческого бытия.

...При недолгом правлении гетмана Скоропадского по инициативе Вернадского была создана Украинская академия наук. В ноябре 1919 г. он выехал в Ростов, чтобы получить средства на научную работу; по железной дороге с трудом и лишениями добрался до Харькова. Там заседала городская дума. Фактический правитель генерал Май-Маевский пьянствовал. Белые офицеры, сломленные лишениями войны, дебоширили. Как позже признался идеолог белого движения В.В. Шульгин, красные начинали войну как сброд, а стали регулярной армией; белые, напротив, из регулярной армии превратились в сброд. Но Вернадский надеялся на поражение большевиков, о жестокостях которых он слышался немало былей, а больше небылиц. В Ростове его принял генерал А.И. Деникин, опасавшийся, что местная Академия наук усилит украинский национа-

лизм и сепаратизм. Однако благодаря стараниям Владимира Ивановича деньги для Украинской академии наук были отправлены. В Донском университете Ростова Вернадский прочел лекцию «О значении изучения живого вещества с геохимической точки зрения».

Война представлялась ему злом страшным, но недолгим. Он был убежден: человек живет для творчества. Дома и фабрики, дворцы и храмы, каналы и плотины – все, чем жив человек и что позволяет ему жить и мыслить, есть результат мирного труда. Даже во время войны надо уметь жить будущим созиданием.

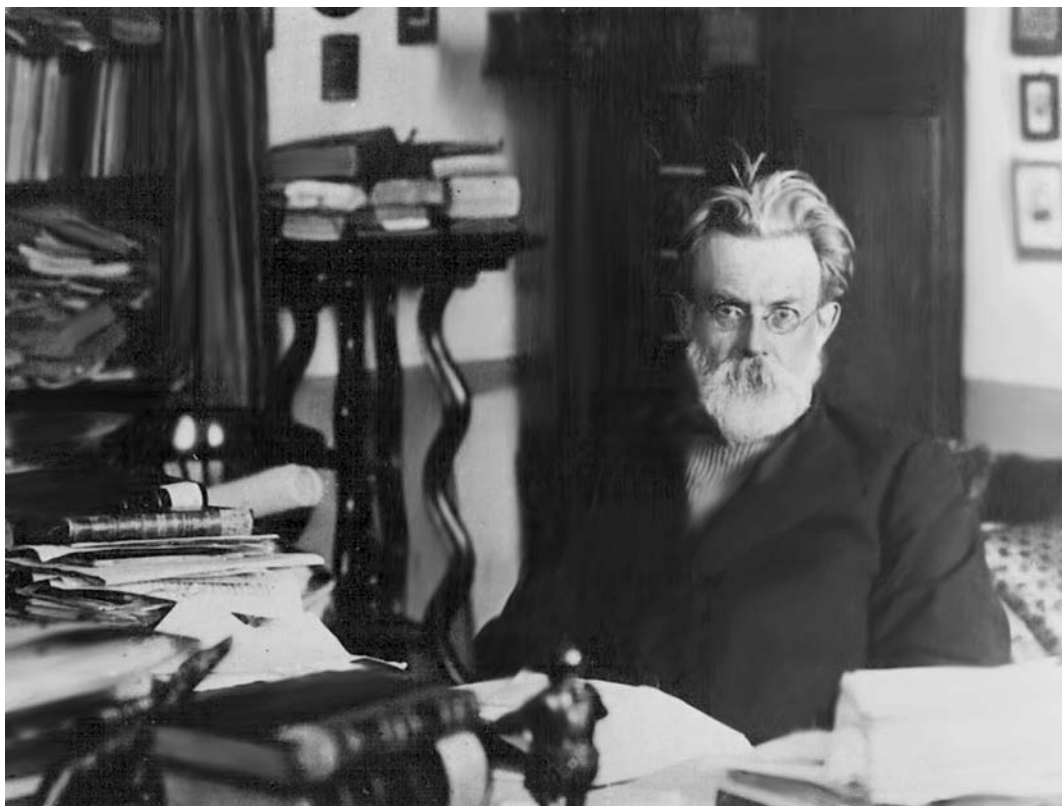
Осенью из Киева он перебрался в Харьков, а затем в Ростов. Отметил в дневнике: *«Кадровое офицерство и Генеральный штаб служат верой и правдой Советам»* (почти половина кадровых офицеров царской армии и большинство офицеров и генералов Генштаба были на стороне большевиков). Из Ростова Вернадский отбыл на пароходе в Крым, где находились его жена, дочь и сын Георгий, профессор Таврического университета. Записал: *«Я думаю, интересы и спасение России сейчас в победе большевизма на Западе и в Азии. Необходимо ослабление союзников»*. И еще: *«Думаю о теме статьи “Значение славянской научной работы в мировой культуре”*. В Ялте Вернадского встретили на пристани дочь и сын. Соединение семьи омрачила его тяжелая болезнь – сыпной тиф. Положение было критическим. Лечивший его врач сам заболел тифом. Врач умер, Вернадский выжил. Затем семья переехала в Симферополь, так как Владимира Ивановича избрали ректором Таврического университета.

Красные наступали. Для Вернадского и его семьи было выделено место на английском пароходе (об этом позаботилось Британское королевское общество). Это было поистине велением судьбы, ибо недавно у Владимира Ивановича, в тифозном бреде на грани жизни и смерти, были видения о том, что на Западе его ожидает признание в научных кругах, триумф его учения о

геологической роли живого вещества и основание исследовательского института под его руководством. Он подробно описал свои вещие сны. Подлинное мистическое откровение! Судьба открыла ему будущее. Полагаю, большинство людей последовало бы по предопределенному пути. А он не отправился в эмиграцию. Покинул навсегда Россию сын Георгий, обосновался в США и стал профессором истории.

В полузабыты Владимир Иванович ощутил свою интеллектуальную мощь: *“Я ясно стал сознавать, что мне суждено сказать человечеству новое в том учении о живом веществе, которое я создаю, и что это есть мое призвание, моя обязанность, наложенная на меня, которую я должен проводить в жизнь – как пророк, чувствующий внутри себя голос, призывающий его к деятельности. Я почувствовал в себе демона Сократа”*. Он создал такое учение. Но оно не вошло в общественное сознание. XX веку суждено было стать эпохой не науки, а техники. Немногие мыслители смогли оценить глубину научных прозрений Вернадского. Его учение о биосфере поначалу оценили геохимик и мыслитель Александр Ферсман, географ и биолог Лев Берг, а в философском аспекте – французские философ и математик Эдуард Леруа и антрополог, философ, теолог Тейяр де Шарден. Только спустя три десятилетия после создания учение о биосфере получило широкое признание. К этому времени имя его творца основательно забылось, а экологический бум последних десятилетий быстро принял социально-политические формы и сказался на усовершенствовании технологий.

...Бушевала братоубийственная война. Казалось, Российскую империю сотрясают предсмертные конвульсии. Но именно тогда в ней родилось научное учение, которому суждено было занять в науке такое же почетное место, как периодической системе Д.И. Менделеева, теории условных рефлексов И.П. Павлова, учению П.А. Кропоткина о ледниковой эпохе.



В рабочем кабинете. Петроград. 1921 г.

ЖИВОЕ ВЕЩЕСТВО

...Сырой холодный май 1921 г. в Петрограде. Время голодное, бандитизм, слухи о скором крушении новой власти. Страшные пророчества о конце Мира, о новых антихристах, о гибели цивилизации. Несмотря на трагическое время, Вернадский в Петрограде создал метеоритный отдел при Академии наук. Прочел в Доме литераторов доклад "Начало и вечность жизни". Зал был заполнен отчасти публикой "из бывших": профессора и священники, модные поэты и художники. Но присутствовали и люди "из будущих" – ученые, инженеры, писатели, общественные деятели. Худой белобородый профессор в солдатских ботинках говорил:

– Было ли когда-нибудь и где-нибудь начало жизни и живого или жизнь и жи-

вое – такие же вечные основы космоса, какими являются материя и энергия? Характерны ли жизнь и живое только для одной Земли или это есть общее проявление космоса? Имела ли она начало на Земле, зародилась ли в ней? Или же в готовом виде проникла в нее извне с других небесных светил?..

Загадки эти относятся к разряду вечных, волнующих человечество веками, тысячелетиями.

Была ли когда-нибудь Вселенная безжизненной? Или жизнь – такое же обязательное качество мира, как межзвездная пыль, туманности, звезды, планеты, космический вакуум? И мы – крохотная часть земной жизни, недолговечная клеточка живого вещества Земли, – не связаны ли мы глубоким родством с одухотворенной жизнью ма-

терией, с обязательной вечной частью космоса? Или мы всего лишь случайное эфемерное объединение атомов и молекул, распадающееся бесследно в бездне космоса?

Владимир Иванович подчеркнул: наука не имеет фактов, указывающих на существование в прошлом геологических эпох, лишенных следов жизни. Доклад Вернадского о зарождении и вечности жизни был одной из глав начатой в 1916 г. рукописи “Живое вещество”. В 1919 г. вышла его статья “О задачах геохимического изучения Азовского моря”. Она намечала – через годы войны и разрухи – научные и практические мероприятия, направленные на познание и рациональное использование морей.

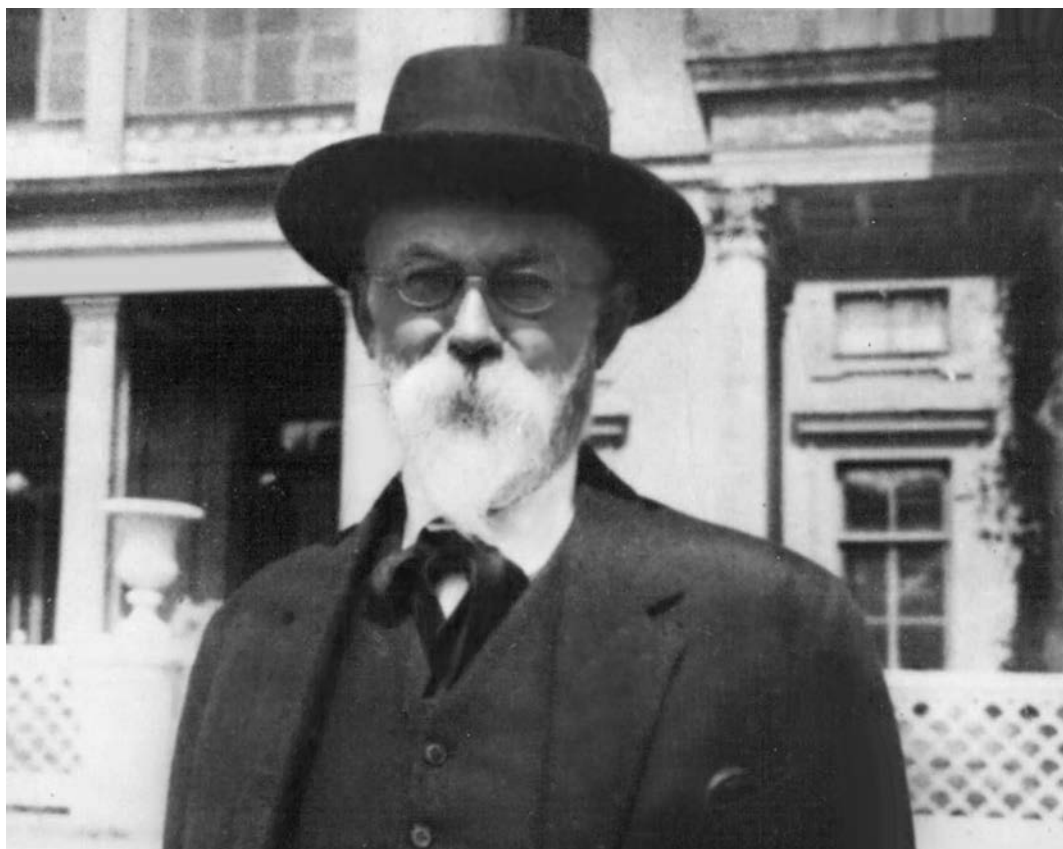
В 1923 г. он был командирован от Академии наук в Париж. Выехал вме-

сте с женой и дочерью, читал лекции по геохимии в Сорбонне, издал несколько своих статей и две книги, работал в лабораториях. Ему предложили остаться за границей, но он отказался.

В начале марта 1926 г. Владимир Иванович и Наталья Егоровна Вернадские вернулись на родину. Он вновь возглавил КЕПС, на него обрушилась масса организационных забот. Теперь его главные научные интересы были сосредоточены на создании учений о живом веществе и о биосфере.

ДВА ОБРАЗА КОСМОСА

Крохотная пылинки Земли теряется в грандиозных круговоротах звездных миров. Если учесть это, “космическая функция” человека вплотную прибли-



На отдыхе в Петергофе. 1931 г.

зится к нулю. Мы, как писал Джордано Бруно, дети Матери-Земли и Отца-Солнца. Множество мертвых, по нашим понятиям, небесных тел рассыпано в космической бездне. Наш крохотный обитаемый остров видится особенно близким, родным и бесконечно дорогим.

Так утверждал Вернадский. Он писал о двух синтезах Космоса в науке и философии. Первый – *“отвлеченное представление физика или механика... В сущности, этот мир Космоса дает нам совершенно чуждое, нас не трогающее впечатление и, очевидно, представляет схему, далекую от действительности даже тогда, когда мы превратим его в своеобразный хаос движущихся без порядка частей или, наоборот, в своеобразную машину, регулируемую мировым разумом”*.

Второй – *“наряду с этой – физической – картиной Космоса всегда существует другое о нем представление – натуралистическое, не разложимое на геометрические формы, более сложное и более для нас близкое и реальное, которое пока связано не со всем Космосом, но с его частью – нашей планетой”*. По словам Вернадского, эти два мировоззрения в истории научной мысли существовали в значительной мере независимо друг от друга.

Еще Дени Дидро определил важный принцип познания: *“Природу надлежит описывать так, чтобы стало понятно само существование человека. Иначе он будет чуждым природе автоматом”*. Иммануил Кант в *“Общей естественной истории и теории Неба...”* (1775) смело заявил: *“Дайте мне материю, и я покажу вам, как из нее должен образоваться мир”*. Хотя тут же оговорился: легче объяснить происхождение всех небесных тел, чем *“зарождение и развитие какой-нибудь травки или гусеницы”*.

Успехи физико-математических и технических наук в XX в. определили их решающее влияние на мировоззрение. Но они далеки от той реальности, которую изучают натуралисты и ощущает каждый житель Земли. У физиков – предельно упорядоченный

и упрощенный мир, подобный механизму или машине. У природоведа – мир живой, не сводимый к геометрическим схемам и физическим формулам. Таковы механический и органический синтезы Космоса. Последний исходит из предельно детального познания крохотной и самобытной частицы Вселенной – планеты Земля.

Астроном и физик А. Эддингтон в книге *“Пространство, время и тяготение”* (1923) писал: *“Теория относительности... объединила великие законы, которые, благодаря строгости своей формулировки и точности своих приложений, завоевали для физики то почетное место в системе человеческого знания, которое она занимает теперь. И все-таки, по отношению к природе вещей, это знание – только пустая скорлупа, символическая форма. Это – знание структуры формы, а не знание содержания. Во всем физическом мире разлито неизвестное содержание, которое, несомненно, должно быть сущностью нашего сознания”*. Что означает эта сущность, в чем она проявляется? Пытаясь ответить на эти вопросы, современные физики и астрофизики вспомнили идею Бога. Но попытки совместить ее с формальными моделями вселенского механизма не отвечают ни критериям научного познания, ни теологии. Как говорили в античности в связи с театральными эффектами, это *“Бог из машины”*. Выдающийся физик Эрвин Шредингер утверждал: *“Деятельность живого вещества нельзя свести к обычным законам физики”*. Что уж тогда говорить о человеке и умственной работе!

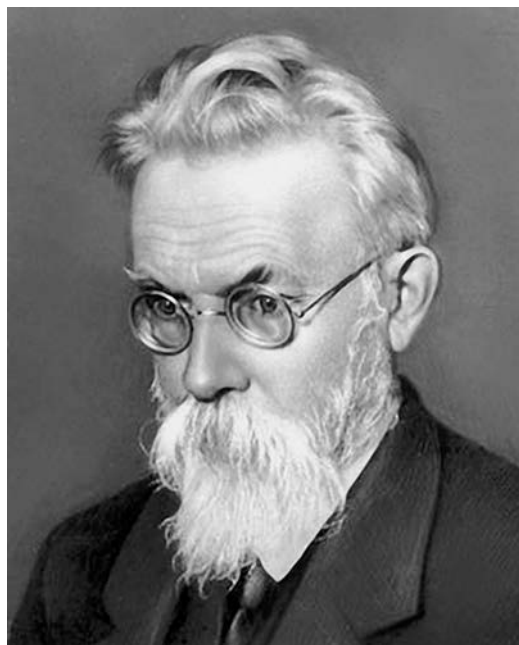
В книге *“Положение науки и исторический разум”* (1934) испанский философ Ортега-и-Гассет заключительную главу назвал *“Человек нуждается в новом откровении, которое не способен дать физический разум”*. По его словам, *так называемая природа, по меньшей мере то, что под этим названием исследует физик, оказывается им самим изобретенным устройством, которое играет роль посредника между подлинной реальностью и человеком...*

Я говорю вам, что в науке о человеке зреет новое поразительное откровение. Царство разума не кончилось. Физический разум умер! Да здравствует исторический разум!"

Тогда же, когда и Ортега-и-Гассет, Вернадский писал: *"Мы знаем — и это знаем научно, — что космос без материи, без энергии не может существовать. Но достаточно ли [одних] материи и энергии — без проявления жизни — для построения Космоса, той Вселенной, которая доступна человеческому разуму?"* На этот вопрос он ответил отрицательно: *"Можно говорить об извечности жизни и проявлений ее организмов, как можно говорить об извечности материального субстрата небесных тел, их тепловых, электрических, магнитных свойств и их проявлений. С этой точки зрения столь же далеким от научных исканий будет являться вопрос о начале жизни, как и вопрос о начале материи, теплоты, электричества, магнетизма, движения".*

...Авторитет механики, физики, химии непомерно вырос за счет успешного использования этих знаний для создания машин и механизмов, военной техники и оружия массового уничтожения. Государства тратят на развитие данных наук гигантские средства. Гипотеза Большого взрыва получила признание в годы, когда были взорваны атомные и водородные бомбы. Физики, сами того не подозревая, распространили страшные достижения военных технологий на весь мир (хотя и на теоретических предпосылках).

Большинство людей воспринимают замысловатые формулы и непонятные научные концепции как потаенную мудрость. В XX в. точные науки стали претендовать на абсолютное первенство. На них базируют мировоззрение те, кто свято чтит научный метод, основанный на математических выкладках. Пока выдающиеся физики первой половины XX в. рассматривали подобные модели как увлекательную, отчасти полезную интеллектуальную игру, ведя споры, испытывая сомнения, — все шло нормально. Когда же эти идеи стали



В.И. Вернадский. Москва. 1934 г.

считать прочным основанием для современного мировоззрения, представлений о Природе и человеке, с этим трудно было согласиться. Любая конкретная область знаний, да и науки вообще, имеют ограничения. Главное, чтобы научное сообщество учитывало их.

Почему исследователи утрачивают чувство живой Природы? Одна из главных причин: окружающая человека среда радикально меняется. Создана искусственная техногенная природа — техносфера. Человек в быту, труде, на отдыхе остается крохотной деталью гигантской механической системы. И невообразимо огромное Мироздание представляет он в виде механических систем, оттесняющих жизнь на задворки бытия.

Итак, по мнению Вернадского, на основе научных исследований складываются два образа Мира. Физико-математический образ обоснован теориями и гипотезами, выражен преимущественно формулами, в значительной мере



На 17-й сессии Международного геологического конгресса. Москва. 1937 г.

подтвержден достоверными фактами. Он не принимает во внимание существование Жизни и Разума. Естественнонаучный образ Вселенной исходит из данных огромного комплекса наук о Земле и Жизни, о психике животных и человека, истории человечества, учения о биосфере. В основе своей он соотносится с традиционными представлениями людей о Море, выраженными в мифах и религиозных преданиях. Представители наук о Земле и Жизни стараются приспособить свои теории к физико-математической модели Мироздания. Заметных успехов нет, несмотря на многолетние работы огромного числа ученых.

ГЛОБАЛЬНАЯ ОБЛАСТЬ ЖИЗНИ

Английский океанолог XIX в. Дж. Меррей в книге "Океан" дал такое определение: "Биосфера. Где только существует вода, или, вернее, где вода, воздух и земля соприкасаются и смешиваются, обыкновенно можно найти

жизнь... Можно даже всю планету рассматривать как одетую покровом живого вещества. Давши нашему воображению немножко больше свободы, мы можем сказать, что в пределах биосферы у человека родилась сфера разума и познания и он пытается истолковать и объяснить космос; мы можем дать этому наименование психосферы". Книга эта была издана в Лондоне в 1870 г. (на русском языке появилась полвека спустя). Меррей выступил как натуралист-мыслитель. Его психосфера вошла в философию под именем ноосферы, Вернадский использовал понятие "живое вещество" и называл его "вещество, охваченное жизнью".

Феномен жизни – проявление структурных особенностей сложно организованной материи. Наша плоть состоит из веществ, входящих в три поверхностные сферы Земли. В этом отношении ничего специфически живого в растениях или животных нет. Другое дело – генетическая информация. Она и энергия Солнца одухотворяют земное вещество.

...Университетский товарищ Вернадского геолог И.Д. Лукашевич, находясь в Шлиссельбургской крепости в бессрочном заключении за покушение на жизнь Александра III, начал писать выдающуюся работу "Неорганическая жизнь Земли". В третьем томе (1911) глава "Биосфера" посвящена геологической роли живых организмов. Лукашевич утверждал: "Жизнь как проявление особого вида энергии так же вечна, как движение, теплота, свет и электричество". Годом позже А.Е. Ферсман, читая первый в мире курс геохимии, высказался определенной: "В этой зоне жизни или биосфере протекает наше существование, здесь вокруг нас кипит и волнуется мир людей, необъятно кишит животная жизнь, распускается и дышит растительность – всюду колоссальная и интенсивная жизнь Земли.. Организмы являются великими геологическими деятелями, и неизбежно весь характер химических процессов земной поверхности будет зависеть, как он зависит уже и сейчас, от исто-

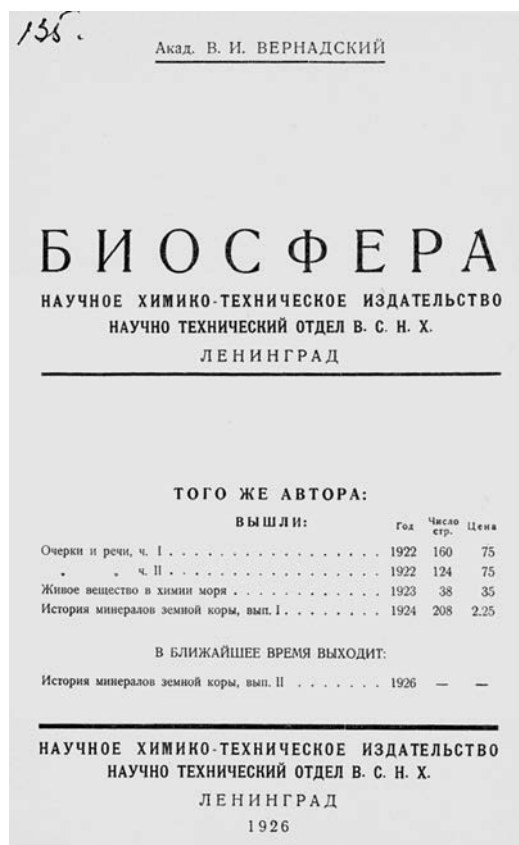
В апреле 1917 г. журнал “Природа” опубликовал статью об энергетике жизни французского физика Виктора Анри, приглашенного в Москву для чтения лекций и работы в недавно созданном Институте труда. “В каждом жизненном процессе, – писал он, – происходит превращение некоторых продуктов, называемых пищевыми, и образование сложных тел, составляющих живую материю... С мировой точки зрения жизнь есть не что иное, как постоянное задержание и накопление химической и лучистой энергии, замедляющее превращение полезной энергии в теплоту и препятствующее рассеиванию последней в мировом пространстве”.

Наглядный образ – все организмы планеты образуют пленку жизни. А дальше? Разве она существует сама по себе, даже под лучами Солнца? Поэты и философы с давних пор воспринимали земную природу как нечто живое, одухотворенное и обожествляли все ее проявления. “Есть всегда ученые, – писал Вернадский, – которые ярко чувствуют и охватывают эту живую, реальную природу нашей планеты, всю проникнутую вечным биением жизни, и для которых это понимание единой Природы является руководящей нитью всей их научной работы... Они выходят из рутинных рамок и, не ограничиваясь изучением жизни в организме, переходят к изучению ее проявлений в мертвой природе, широко смотрят на задачи биологического исследования”.

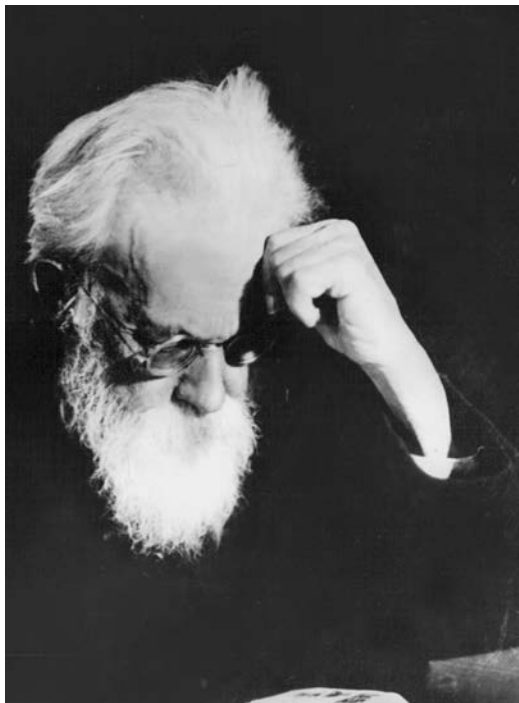
Обратимся к его монографии “Биосфера”: “История биосферы резко отлична от истории других частей планеты, и ее значение в планетном механизме совершенно исключительное. Она в такой же, если не в большей степени есть создание Солнца, как и выявление процессов Земли. Древние интуиции великих религиозных созданий человечества о тварях Земли – в частности о людях – как детях Солн-

ца гораздо ближе к истине, чем думают те, которые видят в тварях Земли только эфемерные создания слепых и случайных изменений земного вещества, земных сил...

Медленно и с трудом выявляется нашему уму механизм превращения солнечной энергии в биосфере в земные силы. Мы привыкли видеть другие черты в отвечающих ему явлениях; он скрыт для нас в бесконечном разнообразии красок, форм, движений природы – мы сами составляем его часть нашей жизнью. Века и тысячелетия прошли, пока человеческая мысль могла отметить черты единого связанного механизма в кажущейся хаотической картине природы”.



Титульный лист первого издания книги
"Биосфера". 1926 г.



В.И. Вернадский. Москва. 1940 г.

Движения воздуха и воды, разрушение горных пород, нагревание поверхности суши и Мирового океана, фотосинтез – формы накопления энергии Солнца. Хранят ее осадочные горные породы, со временем погружающиеся в земные недра. Так солнечные лучи, энергия звезды медленно проникают внутрь планеты, как бы пропитывая земную кору. *“Как мог образоваться этот своеобразный механизм земной коры, каким является охваченное жизнью вещество биосферы, непрерывно действующий в течение миллионов лет геологического времени, – мы не знаем. Это является загадкой так же, как загадкой в общей схеме наших знаний является и сама жизнь”.*

В.И. Вернадский называл биосферой область активной современной жизни: ныне обитающие на Земле организмы, атмосферу до высоты 10 км, Мировой океан, наземные и часть подземных вод, земную кору до глубины

порядка 3 км. Такое определение вошло в учебники, словари, энциклопедии. Известный американский ученый Дж. Хатчинсон подчеркнул: *“Концепция биосферы, которую мы принимаем сейчас, в основном опирается на идеи Вернадского”.*

Данная концепция имеет в виду процессы, происходящие в пределах бытия человечества. Земную кору Владимир Иванович называл *“областью былых биосфер”.* Это понятие, вошедшее в науку, по моему мнению, не вполне корректное. Земная кора – динамичная система, а глобальные круговороты вещества действуют постоянно как естественная часть биосферы. В геологических масштабах времени каменная твердь проявляет признаки жизни. Растут и разрушаются горы; моря и озера блуждают по континентам, изливают лаву вулканы, в недрах земной коры пульсируют растворы; под давлением при высокой температуре скальные породы обретают пластичность и текучесть. Меняются очертания и расположение материков, океанические течения, природные зоны, ландшафты. Обмен веществ между атмосферой, гидросферой, земной корой, живыми организмами продолжается без перерыва в течение всей истории нашей планеты. Такова глобальная область жизни с позиций геологии. Ее можно назвать Биогeosферой или Геей, как предложил английский ученый Джеймс Лавлок. Это новое понятие характеризует особое природное тело и помогает постичь жизнь Земли.

Биогeosфера – глобальный организм. В нем возникают и развиваются мелкие формы жизни: бактерии, растения, грибы, животные, человек. Глобальный организм сложнее нашего мозга; поэтому осмыслить его структуру и жизнь чрезвычайно трудно. Биогeosфера – пленка жизни – обволакивает планету. В ней происходит обмен веществ и накопление информации. У поверхности сравнительно быстро идет газовый обмен, дольше – круговорот воды, а циклы переработки каменной массы занимают огромные сроки.

Полная аналогия с живым организмом, где наиболее активно с внешней средой осуществляется газовый обмен в ритме дыхания. Дольше идет круговорот воды, а еще медленнее – циклы переработки пищи. Круговороты земной коры действуют на активных контактах континентальной и океанической коры, в молодых горных странах.

...В нашем теле сосуществуют разнообразные клетки. Белые кровяные тельца, лейкоциты, обладают относительной свободой передвижения, способны распознавать образы и действовать целесообразно, а значит, в какой-то мере разумны. Это можно считать подобием соотношения нас и Биосферы. Мы не способны непосредственно общаться с лейкоцитами, а они – с нами. Вот и Биосфера не может непосредственно общаться с нами. Она лишь реагирует – не сразу, порой с долгим перерывом – на наши поступки. Глобальная деятельность цивилиза-

ции – техногенез, по А.Е. Ферсману, – разрушает область жизни, развиваясь стихийно. Приближается глобальный экологический кризис. Один из его предвестников – рост климатических и погодных аномалий, активизация природных стихий. Человек сотворен Биогеосферой, неотделим от нее. Техническая цивилизация навязывает ей свои законы, формируя механическую систему техносферы. Гуманная область господства разума (ноосфера), о которой мечтал Владимир Иванович, остается мечтой. Можно ли ее осуществить?

Если это произойдет, то лишь при условии, что учение о Биосфере, основателем которого был В.И. Вернадский, станет основой естествознания и руководством к практической деятельности людей на планете Земля.

Р.К. БАЛАНДИН

Информация

Постройка станции на астероиде

Специалисты NASA в конце 2012 г. разработали стратегию захвата астероида и управления им. Планируется захватить астероид массой примерно 500 т, поместить его на окололунную орбиту и построить на астероиде обитаемую базу,

на которой можно будет доправить топливом межпланетный космический корабль, отправляющийся к Марсу.

Департамент науки и технологической политики США вскоре рассмотрит план развития этого амбициозного проекта. По предварительным оценкам, на начальной стадии (за первые 10 лет) его стоимость – 2,6 млрд долларов. Технико-экономическое обоснование проекта подготовили специалисты NASA и Калифорнийского технологического института.

Для захвата астероида будет запущен космический

аппарат ракетой-носителем “Атлас-5”. Когда астероид сблизится с ним на достаточное расстояние, аппарат выпустит своеобразную сеть, превышающую его диаметр в 50 раз. Эта сеть должна обмотаться вокруг астероида. Захватив его, аппарат включит мощный двигатель и доставит астероид на орбиту между Землей и Луной. Далее на астероид полетит пилотируемый корабль. Астронавты, высадившись на него, займутся строительством базы и топливной станции.

Пресс-релиз NASA,
23 декабря 2012 г.

Астрономические праздники в парке Сокольники

На рубеже 1950–1960-х гг. в парках Москвы в летнее время работали астрономические

пункты, где дежурили сотрудники Московского планетария и кружковцы Дворцов пионеров. На

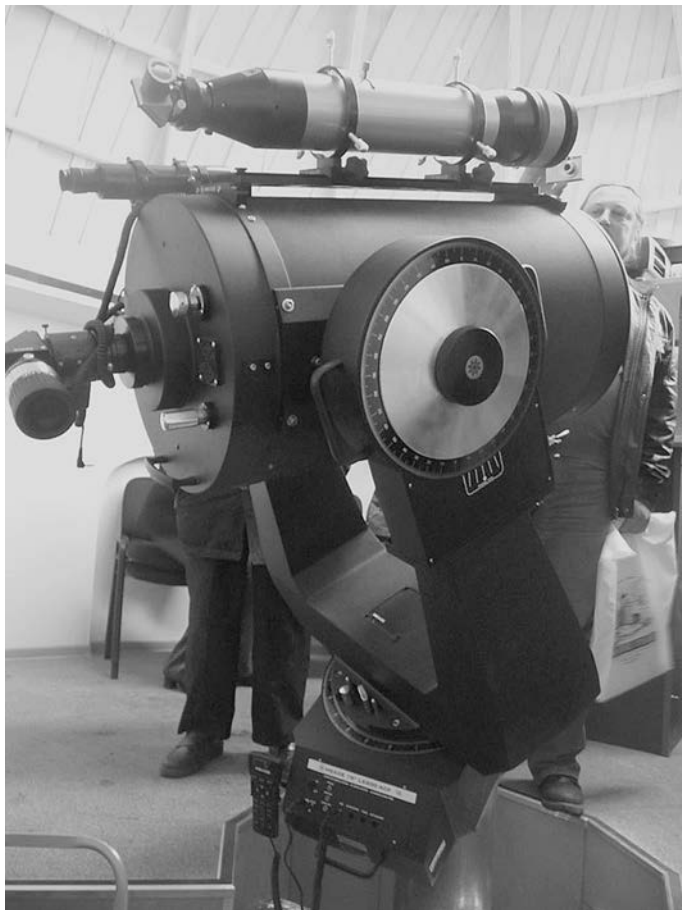
эти площадки выносили небольшие астрономические инструменты, в которые все желающие



Открытие обновленной обсерватории в парке Сокольники. 25 октября 2012 г.

могли посмотреть на Луну и планеты. В 1970-е гг. на базе этих пунктов появились народные обсерватории. Одна из них расположилась недалеко от главного входа в Центральный парк культуры и отдыха Сокольники. В ней размещался 135-мм телескоп-рефрактор фирмы Цейс, который проработал до середины 1990-х гг. и впоследствии таинственно исчез, а павильон стал использоваться как склад.

25 октября 2012 г. в городском парке Сокольники состоялось торжественное открытие реконструированной обсерватории. Директор парка Александр Витальевич Лапшин и известный российский астроном и исследователь метеоритов Игорь Тимофеевич Зоткин перерезали красную ленточку. На открытии также присутствовали известные астрономы и популяризаторы Ирина Константиновна Лапина, профессор Анатолий Владимирович Засов, представители ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. Этого дня ждали давно. С весны 2012 г. энтузиасты под руководством астронома-любителя Рустама Бекбулатова провели косметический ремонт башни, где установили достаточно крупный любительский телескоп фирмы "МИД", развернули небольшой мобильный планетарий. Телескоп построен по системе Шмидта – Кассегрена, диаметр входящего отверстия –



400-мм телескоп системы Шмидта – Кассегрена, установленный в обсерватории парка Сокольники.

400 мм, он закреплен на роботизированной монтировке MAX. Кроме него на монтировке укреплен небольшой 100-мм солнечный телескоп "Коронадо". Вскоре на базе обсерватории было создано астрономическое общество, объединившее любителей астрономии, которые каждые выходные при ясной погоде организуют наблюдения звездного неба. Для этого выставляются переносные

инструменты, да и сами любители астрономии привозят свои телескопы. Недавно общество обрело название "Земляне" и в скором времени получит официальный статус.

21 декабря 2012 г. руководством обсерватории и активистам НКО "Астрономо-геодезическое объединение" удалось провести первое крупное мероприятие, названное "День зимнего солнце-



Праздник весеннего равноденствия. 23 марта 2013 г.

стояния". Оно проводилось в парке. Дату назначили на 21 декабря, организаторы взяли на себя ответственность опровергнуть публиковавшиеся в СМИ сообщения о конце света и искаженную информацию об астрономических явлениях, например о "параде планет". Сотрудники парка совместно с астрономиями-любителями подготовили программу познавательного характера о небесных телах и возможных угрозах из космоса. Была прочитана лекция о планетах и других объектах Солнечной

системы. Преподаватель астрономического кружка Дома детского творчества парка Сокольники И.К. Лапина рассказала, что такое солнечное затмение, какое значение оно имело в древности. В парке была развернута выставка детского рисунка "Как я представляю себе жизнь вне Земли", в которой приняли активное участие дети, занимающиеся в изостудии Дома детского творчества парка Сокольники.

В завершение программы на площадке перед обсерваторией была "построена модель" Сол-

нечной системы из посетителей и участников астрономических организаций, которые рассказывали о планетах. "Планеты" разместились по порядку и начали "движение по орбитам", что немного согрело участников мероприятия, так как на улице было почти -20° . Из "планет" попытались составить положение небесных объектов на текущий день.

Астрономы-любители представили несколько телескопов, среди которых был инструмент, собранный участниками Астрономо-геодези-

ческого объединения. Когда стемнело, к телескопам стали подходить прохожие, они с любопытством смотрели в окуляры на Луну и Юпитер. Некоторые заезжали на коньках с катка парка Сокольники. За время проведения акции в телескоп посмотрели около ста человек.

23 марта 2013 г. проводилось мероприятие, посвященное Дню весеннего равноденствия. В нем приняли участие общество “Земляне” в полном составе и более 20 астрономов-любителей, посетители парка не остались равнодушными к достаточно интересной выставочной экспозиции. Около главного фонтана поставили переносные инструменты и несколько стендов с изображениями небесных объектов,

сфотографированных КТХ и астрономами-любителями. Причем снимки любителей по красоте не уступали изображениям, полученным знаменитым космическим телескопом! Рядом расположили стенд со снимками, рассказывающими о работе астрономов-любителей.

Не меньше, чем фотографии, привлек посетителей 400-мм телескоп обсерватории. К сожалению, наблюдениям помешала плотная облачность, а холодная погода сократила лекционную программу. Одним из лучших выступлений на открытой сцене стала лекция сотрудника Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН Алексея Юдина о выборе телескопа для наблюде-

ний. Он поделился своим опытом в проведении наблюдений, рассказал, какие объекты можно увидеть в разные сезоны, какие инструменты лучше использовать. После лекции состоялось неформальное общение астрономов-любителей.

Восстановление обсерватории в историческом месте стало возможным благодаря руководству парка. Любители получили уникальную возможность проводить совместные наблюдения, устраивать встречи и различные программы. Мероприятия в Сокольниках войдут в традицию, так как привлекают все большее число людей, возвращают интерес к астрономии.

*Ю.В. СОЛОМОНОВ,
О.Ю. ПАРИЧЕНКО*

Фото Ю.В. Соломонова

Информация

КТХ нашел сверхновую

На снимках КТХ обнаружена сверхновая SCP-0401 типа Ia, вспыхнувшая в ранней Вселенной 9,9 млрд лет назад в созвездии Большой Медведицы. Это самая далекая сверхновая, которую удалось найти с помощью больших наземных и космических обсерваторий.

Группа астрономов под руководством Дэвида Рубина из Национальной лаборатории им. Лоуренса в Беркли (США), в том числе лауреат Нобелевской премии 2011 г. по физике Сол Перлмуттер, изучала изображения далеких галактик, полученных в рамках программы поиска первых сверхновых Supernova Cosmology Project (проект космологии сверхновых). Сверхновые типа Ia образуются в двойных системах из двух белых карликов или белого карлика и красного гиганта. Такие сверхновые взрываются с примерно одинаковой яркостью из-за физических

процессов, управляющих их развитием.

Как полагают ученые, дальнейший анализ спектра излучения сверхновой SCP-0401 и того, как он менялся по мере нарастания и угасания вспышки, поможет узнать, с какой скоростью расширялась Вселенная в далеком прошлом. В свою очередь, уточнение скорости и характера этого процесса позволит астрофизикам приблизиться к пониманию сущности темной энергии, заставляющей Вселенную расширяться с ускорением.

Пресс-релиз NASA,
9 января 2013 г.

Опыт тестирования любительской астрономической оптики

Современная астрономия – интересная, динамично развивающаяся наука, одна из ключевых среди отраслей естествознания. Она несет огромный мировоззренческий потенциал и привлекает любителей во всех уголках мира. Однако плодотворное приобщение к тайнам науки о Вселенной предполагает определенный уровень оснащённости средствами наблюдений, в первую очередь телескопами. Несмотря на то что астрономическая оптика на отечественном рынке за последние годы стала значительно доступнее и ассортимент ее многократно расширился, проблема не перестает оставаться актуальной для любителей астрономии с любым стажем. Выпущена также обширная литература, есть журнальные публикации (например, Земля и Вселенная, 2009, № 3). Вместе с тем новички не всегда имеют четкие представления об



Зрительная труба ЗРТ-457М на штатном настольном штативе с дополнительной оптикой, позволяющей получать увеличение в 120 раз, и астрономическая труба на базе фотообъектива МТО-1000 с окуляром от зрительной трубы “Донец” с увеличением в 110 раз.

особенностях различных оптических схем, методах работы с инструментом и небесных объектах, доступных наблюдениям с той или иной апертурой. Предлагаемая статья адресована, прежде всего, начинающим любителям, стоящим перед проблемой выбора своего первого телескопа. Авторы на протяжении нескольких лет испытывали отечественную и зарубежную оптику. Все описанные инструменты оказались у авторов случайно, без предварительного отбора.

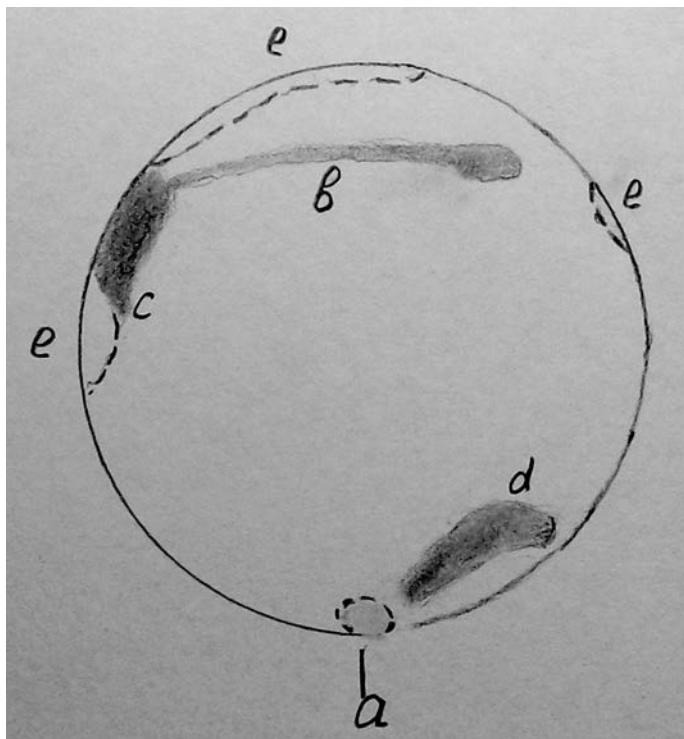
На первых порах любители астрономии приспособливают свои оптические приборы, например подзорные трубы, фотообъективы. Пожалуй, наибольшего внимания заслуживают зрительные трубы **ЗРТ-457**, **Юкон 6-100×100**, объектив **МТО-1000**, привлекающие своей доступностью, компактностью, легкостью, удобством для выезда за город. Выпускаемая на протяжении многих лет Казанским оптико-механическим заводом зрительная труба **ЗРТ-457** представляет собой 70-мм ахроматический рефрактор ($F = 450$ мм), снабженный призмной оборачивающей системой и несъемным окуляром с увеличением в 30 и 60 раз. Мы испытали три экземпляра трубы, выпущенные в 1986 г. и в середине 2000-х гг. Наблюдения



Самодельный 100-мм рефрактор с объективом от трубы Юкон 6-100×100 на азимутальной монтировке от телескопов серии "Celestron AstroMaster".

различных объектов показали, что все три инструмента обеспечивали хорошее качество изображения, особенно при увеличении в 60 раз. Чтобы использовать возможности объектива в полной мере, необходимо повысить кратность в 1,5–2 раза, установив позади штатного дополнительный окуляр. Мы применили окуляр и линзу от оборачивающей системы трубы "Турист-3", но можно использовать окуляр Рамсдена из двух плосковыпуклых линз. Насадка может быть выполнена весьма легкой и компактной, длиной не более 10–12 см. Дальнейшие испытания трубы 1986 г. с увеличением в 120 раз показали неплохие дифракционные изображения звезд, у двух

других результаты были хуже из-за астигматизма. Можно попробовать его компенсировать, вращая объектив, для чего нужно ослабить контр-вращающий винт на переднем конце трубы. Юстировку надо вести при максимальном увеличении с дополнительной оптикой при хороших атмосферных условиях, используя достаточно яркую звезду (удобная Полярная). Поворачивая понемногу объектив, добиваемся максимально круглых изображений вне фокуса при небольшой расфокусировке. В результате в обоих инструментах удалось достичь улучшения качества изображения, в хорошие ночи в **ЗРТ-457** можно наблюдать объекты блеском не хуже 11,5^м и разрешением до 2".



Марс. Северная полярная шапка (а), Сабейский и Меридианный заливы (b), часть Большого Сирта (с), Ацидалийское море (d), светлые области на лимбе (е). Зарисовка сделана 14 апреля 1997 г. с помощью телескопа (фотообъектив МТО-1000, увеличивающий объекты в 160 раз).

Зрительная труба **Юкон 6-100×100** (“Белтикс Оптик”, Белоруссия) с двумя объективами ($D_1 = 25$ мм, $F_1 = 156$ мм; $D_2 = 100$ мм, $F_2 = 625$ мм) обеспечивает плавную смену увеличения от 6 до 100 раз. Оптика снабжена многослойным просветлением. Изделие размещается в удобном для переноски мягком чехле и весит всего 1,5 кг, цена – около 7500 рублей. Мы проверили три экземпляра этой трубы, все они показали хорошие результаты: впол-

не приемлемое качество изображения объектов до $12,5^m$ во всем диапазоне штатных увеличений, например, хорошо различима двойная ζ Водолея. При температуре ниже -10°C трубы становились неработоспособными. Выяснилось, что за порчу изображения ответственные плоские зеркала, но устранить дефект невозможно, так как корпус не предусматривает разборку.

Трубу Юкон 6-100×100 мы разобрали и на базе ее 100-мм объектива из-

готовили телескоп-рефрактор по классической схеме, без промежуточной оптики. Трубу из ватмана пропитали эпоксидной смолой и снабдили устройством с тремя парами винтов для юстировки объектива по оси и реечным $1,25''$ фокусером. Получился легкий, компактный и удобный инструмент, относящийся к классу короткофокусных рефракторов. На рынке любительских телескопов есть модели с близкими характеристиками, например “Sky Watcher BK 102660 AZ” ($D = 102$ мм, $F = 660$ мм). Обычно такие инструменты (ахроматы) не считаются подходящими для наблюдений с высоким разрешением, их используют главным образом для обзорных наблюдений звездных полей, скоплений и туманностей. Однако испытания показали, что наш телескоп создает неплохое дифракционное качество изображения и способен выдержать увеличение до 250 раз. Изображения получаются достаточно отчетливыми, с хорошей контурной резкостью и множеством мельчайших деталей при наблюдении Луны и планет.

Фотообъектив **МТО-1000** (модификация МС МТО-11), как один из вариантов создания небольшого телескопа без больших усилий и затрат времени, упоминается в ставших бестселлерами



Авторы статьи с телескопом-рефрактором "Celestron AstroMaster 90" на азимутальной монтировке.

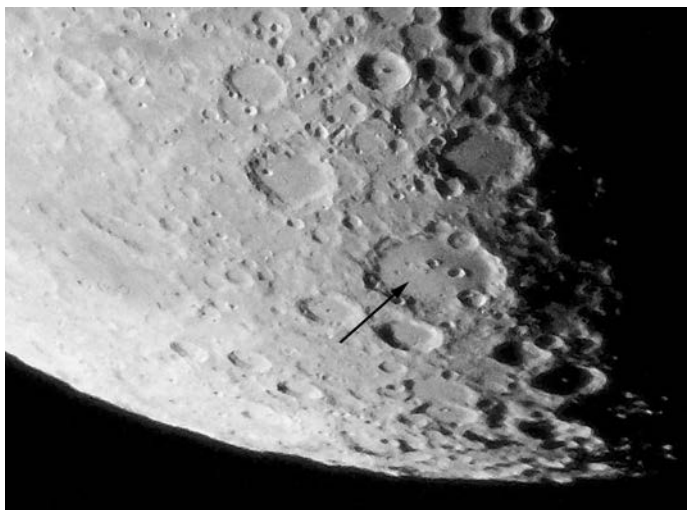
книгах М.С. Навашина и Л.Л. Сикорука (Земля и Вселенная, 1993, № 3). Он представляет собой 100-мм менисковый телескоп с ахроматическим корректором поля системы Кассегрена ($D = 100$ мм, $F = 1000$ мм), увеличивая изображение не больше, чем в 60 раз, угловое разрешение едва достигало 3". Причина заключалась в наличии довольно сильной комы на оси и астигматизма, в этом виноват некачественный монтаж. После устранения пережатия оптики и дополнительной юстировки по искусственной звезде с поворотом главного зеркала удалось полу-

чить изображения звезд (например, компоненты ξ Большой Медведицы). Выполненная юстировка оказалась устойчивой, и наш МТО-1000 служил на протяжении многих лет.

В настоящее время прочные позиции на отечественном рынке астрономической оптики заняли телескопы китайского производства. Среди них наиболее известны "Celestron", "Synta Sky Watcher", "Meade", "Deep Sky" и "William Optics". Тем не менее многие придерживаются мнения, что покупка китайского инструмента – это своего рода лотерея, так как качество отдельных экземпляров даже одной и той

же модели может сильно отличаться. Мы испытали некоторые из них.

Длиннофокусные ахроматические рефракторы "**Selestron AstroMaster 70**" ($D = 70$ мм, $F = 900$ мм) и "**Celestron AstroMaster 90**" ($D = 90$ мм, $F = 1000$ мм) представляют собой семейство небольших телескопов начального уровня, состоящее из нескольких моделей рефлекторов Ньютона. Легкость, портативность и простота сборки – несомненные достоинства телескопов данной серии. Инструменты, оснащенные металлической трубой с креплением "ласточкин хвост", комплектуются



Фрагмент Южного полушария Луны, в центре – кратер Клавдий (указан стрелкой). Снимок сделан 25 мая 2011 г. с помощью рефрактора “Celestron AstroMaster 90”, съемка через штатный 20-мм окуляр, автофокус, оптическую и цифровую зум-камеры.

пластиковыми реечными 1,25” фокусерами, искателем Star Pointer, двумя окулярами Кельнера с фокусными расстояниями 20 и 10 мм, диагональной призмой 90°. Телескопы устанавливаются на экваториальную монтировку CG-3 с ключами тонких движений, координатными кругами и возможностью подключения электропривода на полярную ось (приобретается отдельно) либо на более простую азимутальную монтировку. В комплект поставки входят буклет, компакт-диск с инструкцией и диск с программой-планетарий “The Sky.Level I”. Мы испытали 70-мм и три 90-мм рефрактора, их осмотр показал, что

у всех оптических поверхностей нет многослойных просветлений. Кроме того, обнаружили небольшой астигматизм и сферическую aberrацию. Инструмент выдерживал увеличение до 140 раз, а изображения были достаточно четкими. Без труда наблюдались ζ Водолея, тройная система 12 Рыси, немного труднее – α Рыб и ζ Ориона.

В сравнении с 70-мм рефрактором у “Celestron AstroMaster 90” обнаружен более заметный уровень хроматизма, кома и астигматизм были незначительны. У объективов этих рефракторов классическая, проверенная многолетней практикой хроматическая коррекция, когда в один фокус

сведены луч F и C в голубом и красном участках спектра. Качество картинки со штатными окулярами Кельнера вполне достойное, но для реализации всех возможностей инструмента требуется укомплектование более сильными окулярами или линзой Барлоу. Сильнее всего бликует окулярная трубка 90-мм рефрактора, но этот дефект легко устранить, поместив в нее лист черной бархатной бумаги или покрыть матовым лаком. Серьезные нарекания вызвал искатель Star Pointer, проще наводить телескоп вовсе без него, глядя вдоль трубы, установив предварительно слабый окуляр. Устранить этот недостаток можно только переделкой искателя или заменой, например, недорогой зрительной трубкой “Tasco 8×21”, что позволит наводить телескоп по звездам до 8^m. Телескопы мы установили на азимутальную монтировку. Их оптика приличного качества хорошо работала при низких температурах. Несмотря на выявленные недостатки, они оказались вполне работоспособными, не требующими серьезной регулировки, что оставляет простор для творческой фантазии и смекалки любителя в плане их модернизации.

Следующим телескопом, побывавшим в нашем распоряжении,

оказался 90-мм ахроматический рефрактор **“Synta Sky Watcher BK 909 AZ-3”** ($D = 90$ мм, $F = 910$ мм). Он относится к тому же классу, что и **“Celestron AstroMaster 90”**, но в отличие от него пользуется значительно большей популярностью среди астрономов-любителей и снискал славу едва ли не лучшего телескопа начального уровня. Труба этого инструмента снабжена более качественным и практически безлюфтовым 1,25” фокусером, выполненным из металла. Телескоп комплектуется более удобным оптическим искателем 6×30 и установлен на более жесткой азимутальной монтировке с ключами тонких движений по обеим осям, что существенно облегчает слежение за объектом наблюдения при большом увеличении. Труба крепится в кольцах, что облегчает ее балансировку. У объектива солидное просветление зеленоватого цвета. У диагональной призмы, как и у объективов рефракторов **“Celestron”**, нет просветляющего покрытия. Выяснилось, что объектив не способен дать хорошее изображение из-за значительно-го астигматизма и комы, дифракционный диск в фокусе был плохо заметен. Попытки отъюстировать объектив поворотом передней линзы и тщательным выравниванием толщины межлинзовых



Усовершенствованный рефрактор “Celestron AstroMaster 90” с самодельным устройством для юстировки объектива и оптическим искателем из зрительной трубки “Tasco 8×21”, установленный на азимутальной монтировке AZ-3 от “Synta Sky Watcher BK 909”.

прокладок не исправили ситуацию. Окулярная трубка и блenda этой модели бликуют и нуждаются в обкладывании бархатом или дополнительном чернении. В отличие от оптики монтировка не вызвала нареканий, единственное неудобство: гибкая рукоятка микрометрического ключа по азимуту при определенных положениях трубы цепляет-

ся за искатель или его стойку, но этого можно избежать, повернув трубу в кольцах. Выгодное отличие от **“AstroMaster 90”** – более низкая цена (6800 рублей).

Из телескопов-рефлекторов мы испытывали 127-мм рефлектор Ньютона **“Celestron Power Seeker 127EQ”** ($F = 1000$ мм) на экваториальной монтировке

EQ-1. Однако на самом деле фокусное расстояние главного зеркала – всего 450 мм, оно имеет сферическую форму, а коррекция сферической аберрации и комы осуществляется за счет линзового корректора, установленного в сходящемся пучке лучей. Подобная оптическая схема и у ряда других малогабаритных телескопов, например у “Celestron AstroMaster 114” и ТАЛ-

120. Большинство любителей сходятся во мнении, что по оптическим качествам она уступает классическому параболическому телескопу системы Ньютона, помимо прочего они указывают на трудности, возникающие при ее юстировке. Данную модель критикуют за невысокие оптические качества, шаткость montirovki, низкое качество фокусера и искателя. Наш опыт рабо-

ты с этим телескопом подтвердил справедливость замечаний. Этот короткофокусный корректорный Ньютон никак нельзя считать полноценным универсальным телескопом, пригодным для начинающего любителя.

Е.В. ДАВЫДОВСКИЙ,

О.А. СУЛИМОВА

Брянск

Фото авторов

Информация

“Чандра”: остаток сверхновой

Недавно были опубликованы результаты длительных исследований остатка сверхновой W49B диаметром около 60 св. лет и возрастом тысяча лет, расположенного в 26 тыс. св. лет от нас в созвездии Орла. Изображения получены космической рентгеновской обсерваторией “Чандра” и 5-м

телескопом Паломарской обсерватории Калифорнийского технологического института (см. стр. 4 обложки).

Необычная (бочкообразная) форма W49B объясняется тем, что во время взрыва вращающейся сверхновой потоки вещества изливались с большей скоростью со стороны ее полюсов и с меньшей – с экватора. Сверхновая W49B состоит из густого облака пыли и системы образованных из раскаленного газа колец с перемычкой. Диаметр инфракрасных колец туманности не менее 25 св. лет. В центре остатка, возможно, находится самая молодая черная дыра в нашей Галактике, о чем свидетельствуют необычный спектр

сверхновой и небольшой уровень рентгеновского излучения. К такому выводу пришла группа астрофизиков под руководством Лауры Лопез из Массачусетского технологического института (США). Они обнаружили, что прародителем этой сверхновой стала достаточно крупная звезда, создавшая космическую вспышку редчайшего типа – биполярную сверхновую типа Ib или Ic.

В будущем ученые попытаются более детально исследовать W49B с помощью японской космической обсерватории “Astro-H”, запуск которой намечен на 2014 г.

Пресс-релиз NASA,
13 февраля 2013 г.

“WISE”: итоги работы

В марте 2013 г. NASA опубликовало итоги работы космической инфракрасной обсерватории “WISE” (Wide-field Infrared Survey Explorer – телескоп с широкоугольной оптикой для исследования в ИК-диапазоне). В 2010–2012 гг. с помощью ИК-телескопа “WISE” выполнен полный обзор неба в тепловых лучах. Напомним, что эта обсерватория размером $2,85 \times 2,0 \times 1,73$ м и массой 662 кг была запущена 14 декабря 2009 г. на орбиту высотой 525 км (Земля и Вселенная, 2010, № 3, с. 63; 2012, № 5, с. 104). Основным инструментом – криогенный пятизеркальный афокальный телескоп диаметром 40 см с фокусным расстоянием 1,35 м и полем зрения 47'. Он оснащен четырьмя

ИК-камерами, каждая охватывает область небесной сферы 6–12'. Чувствительность “WISE” в 500 тыс. раз выше, чем у космической обсерватории “COBE”, запущенной в 1989 г. (Земля и Вселенная, 1990, № 2, с. 90; 1993, № 2). Телескоп создан в Лаборатории космической динамики при Университете штата Юта по заданию NASA, космический аппарат – в корпорации “Локхид Мартин”.

В начале октября 2011 г. “WISE” завершила основную программу работ, исчерпав запасы охладителя, который обеспечивал сверхнизкую температуру приемников до 7 К. Две из четырех камер продолжали функционировать, поэтому NASA продлило срок эксплуатации обсерватории.

Наблюдения велись в четырех полосах инфракрасного спектра – 3,4; 4,6; 12 и 22 мкм. Основные задачи обсерватории: картографирование всей небесной сферы в ИК-диапазоне, поиск ультраярких инфракрасных галактик, коричневых карликов, астероидов и комет, сближающихся с Землей. За 14 месяцев сделано более 2,7 млн снимков, по-

крывших все небо, что позволило обнаружить более 33 тыс. астероидов в Главном поясе, а также 20 комет. Одно из достижений: выделен класс самых холодных звезд – коричневых карликов (Земля и Вселенная, 1989, № 6, с. 44; 2008, № 5, с. 67). “WISE” помогла найти более 90% крупнейших околоземных астероидов (134).

По данным, полученным обсерваторией, NASA выпустило новые инфракрасные атлас и каталог всего неба, в который вошли сотни миллионов небесных объектов – от мелких астероидов до далеких звездных скоплений, галактик, туманностей. Исследовательская группа, которую возглавлял Эдвард Райт из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе (США), обработала свыше 15 трлн байтов информации. Отдельные снимки объединены в более чем 18 тыс. изображений всего неба. Одна из последних и наиболее впечатляющих фотографий, сделанных “WISE”, – туманность Ориона (см. стр. 3 обложки).

Пресс-релиз NASA,
12 марта 2013 г.

НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: сентябрь – октябрь 2013 г.

Таблица 1

ОСНОВНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

Дата	Время, ч	Событие
Сентябрь		
5	11	Новолуние
6	2	Венера проходит в $1,6^\circ$ севернее звезды Спика (α Девы)
6	10	Луна проходит в 5° южнее Меркурия
8	20	Луна проходит в 1° южнее Венеры
9	15	Луна проходит в 2° южнее Сатурна
12	17	Луна в первой четверти
15	16	Луна в перигее
18	20	Венера проходит в $3,5^\circ$ южнее Сатурна
19	11	Полнолуние
22	20	Осеннее равноденствие
25	1	Меркурий проходит в $0,7^\circ$ севернее звезды Спика (α Девы)
27	3	Луна в последней четверти
27	17	Луна в апогее
28	7	Луна проходит в 4° южнее Юпитера
Октябрь		
3	14	Уран в противостоянии с Солнцем
5	0	Новолуние
7	0	Луна проходит в 3° севернее Меркурия
7	3	Луна проходит в 2° южнее Сатурна
8	13	Луна проходит в 5° севернее Венеры
8	21	Меркурий проходит в $5,0^\circ$ южнее Сатурна
9	6	Меркурий в наибольшей восточной элонгации (25°)
10	23	Луна в перигее
11	23	Луна в первой четверти
15	12	Марс проходит в $0,9^\circ$ севернее звезды Регул (α Льва)

Таблица I (окончание)

Дата	Время, ч	Событие
16	21	Венера проходит в 1,5° севернее звезды Антарес (α Скорпиона)
18	23	Полнолуние
21	12	Меркурий переходит от прямого движения к попятному
25	13	Луна в апогее
25	20	Луна проходит в 5° южнее Юпитера
26	23	Луна в последней четверти
29	17	Меркурий проходит в 3,6° южнее Сатурна

Примечание. Во всех таблицах и тексте дано Всемирное время (UT), кроме особо оговоренных случаев.

Таблица II

ЭФЕМЕРИДА СОЛНЦА

Дата		α		δ		45°		55°		65°	
		На 0 ч текущей эпохи (UT)				восход	заход	восход	заход	восход	заход
		ч	м	°	'	ч:м	ч:м	ч:м	ч:м	ч:м	ч:м
Сентябрь	1	10	41	+ 08	22	05:23	18:42	05:07	18:57	04:40	19:25
	11	11	17	+ 04	39	05:35	18:23	05:26	18:32	05:10	18:47
	21	11	53	+ 00	48	05:47	18:04	05:44	18:06	05:40	18:10
Октябрь	1	12	29	−03	05	05:59	17:45	06:03	17:40	06:10	17:33
	11	13	05	−06	56	06:11	17:26	06:22	17:15	06:41	16:57
	21	13	42	−10	36	06:24	17:09	06:42	16:51	07:13	16:21
	31	14	21	−14	01	06:38	16:53	07:02	16:29	07:46	15:46

Примечание. В таблице дано среднее солнечное время.

Пример. Определить время захода Солнца 14 сентября 2013 г. в Санкт-Петербурге (широта 59° 57', долгота − 2° 01', 2-я часовая зона – московское время UT + 4'). Пользуясь Таблицей II, интерполируем по широте значение времени захода Солнца на 14 сентября, получаем 18^ч29^м. Вычтем из него долготу места, прибавим номер часового пояса и два часа для учета декретного и летнего времени, получим 20^ч28^м.

Таблица III

ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ

Дата	α		δ		m	d	F	Продолжительность видимости для раз- ных широт, ч			Период*	
	ч	м	°	'				45°	55°	65°		
Меркурий												
Сентябрь	1	11	07,9	+07	07	−1,2	4,9	0,96	—	—	—	
	21	12	20,4	−00	38	−0,5	5,0	0,91	—	—	—	
	31	13	05.6	−07	51	−0.2	5.3	0.83	—	—	—	

Таблица III (окончание)

Дата		α		δ		m	d	F	Продолжительность видимости для раз- ных широт, ч			Период*
		ч	м	°	'				45°	55°	65°	
Октябрь	1	13	55,4	−14	00	−0,1	5,9	0,74	–	–	–	
	11	14	37,4	−18	32	−0,1	6,9	0,58	–	–	–	
	21	14	59,2	−20	15	0,5	8,4	0,32	–	–	–	
	31	14	35,8	−16	27	−4,8	9,9	0,01	–	–	–	
Венера												
Сентябрь	1	13	05,8	−07	07	−4,0	15,0	0,74	1,4	0,6	–	Вечер
	11	13	48,7	−12	00	−4,1	16,0	0,70	1,5	0,6	–	Вечер
	21	14	32,4	−16	29	−4,2	17,2	0,67	1,5	0,7	–	Вечер
Октябрь	1	15	17,3	−20	23	−4,2	18,6	0,63	1,6	0,8	–	Вечер
	11	16	03,2	−23	30	−4,3	20,3	0,59	1,8	1,0	–	Вечер
	21	16	49,6	−25	43	−4,4	22,3	0,55	2,0	1,2	–	Вечер
	31	17	35,3	−26	56	−4,5	24,8	0,50	2,3	1,5	–	Вечер
Марс												
Сентябрь	1	08	19,3	+20	37	1,6	4,1	0,96	2,5	2,7	3,2	Утро
	11	08	45,5	+19	09	1,6	4,2	0,96	2,9	3,2	3,7	Утро
	21	09	10,9	+17	30	1,6	4,3	0,95	3,2	3,6	4,2	Утро
Октябрь	1	09	35,5	+15	41	1,6	4,4	0,95	3,6	4,0	4,7	Утро
	11	09	59,3	+13	45	1,6	4,5	0,94	3,9	4,4	5,1	Утро
	21	10	22,3	+11	43	1,5	4,7	0,94	4,3	4,8	5,6	Утро
	31	10	44,6	+09	39	1,5	4,9	0,93	4,7	5,2	6,1	Утро
Юпитер												
Сентябрь	1	06	59,9	+22	36	−1,9	34,8	0,99	4,8	5,3	6,7	Утро
	11	07	07,0	+22	26	−1,9	35,6	0,99	5,6	6,2	7,8	Утро
	21	07	13,3	+22	17	−2,0	36,5	0,99	6,4	7,1	8,9	Утро
Октябрь	1	07	18,6	+22	08	−2,0	37,6	0,99	7,1	8,0	9,9	Утро
	11	07	22,8	+22	01	−2,1	38,7	0,99	7,9	8,9	11,0	Утро
	21	07	25,8	+21	56	−2,2	39,9	0,99	8,8	9,9	12,1	Утро
	31	07	27,5	+21	54	−2,2	41,1	0,99	9,6	10,8	13,3	Утро
Сатурн												
Сентябрь	1	14	21,5	−11	43	0,7	16,1	1,00	1,6	0,4	–	Вечер
	11	14	24,8	−12	01	0,7	15,9	1,00	1,3	–	–	Вечер
	21	14	28,4	−12	21	0,7	15,7	1,00	0,9	–	–	Вечер
Октябрь	1	14	32,5	−12	42	0,7	15,6	1,00	0,4	–	–	Вечер
	11	14	36,7	−13	04	0,6	15,5	1,00	–	–	–	Вечер
	21	14	41,2	−13	26	0,6	15,4	1,00	–	–	–	Вечер
	31	14	45,9	−13	48	0,5	15,4	1,00	–	–	–	Утро

Примечание. Координаты даны на момент 0^ч по Всемирному времени, F – фаза планеты, * – период видимости планеты.

ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ

В сентябре – октябре **Меркурий** имеет более южное склонение, чем Солнце, и не виден на территории России.

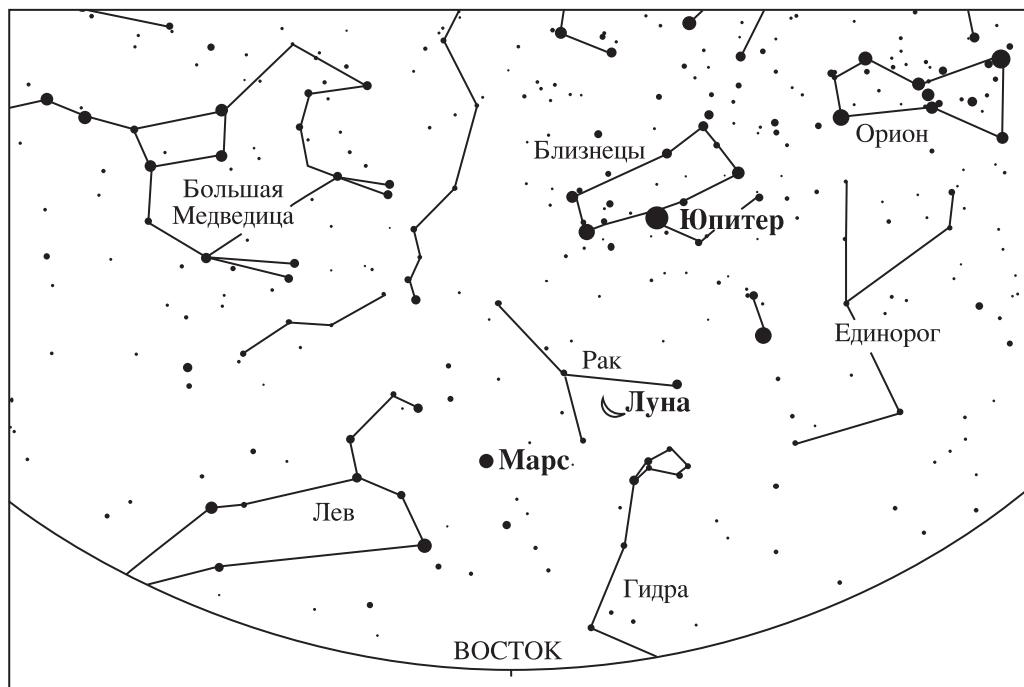
Венера видна в вечернее время на юге нашей страны и меньше часа в средних широтах, однако условия видимости планеты со временем становятся лучше. 6 сентября Венера пройдет вблизи звезды Спика (α Девы). 18 сентября Венера из созвездия Девы переместится в созвездие Весов и в эти же сутки пройдет в $3,5^\circ$ южнее Сатурна. 7 октября Венера переходит из созвездия Весов в созвездие Скорпиона, где 16 октября окажется вблизи звезды Антарес (α Скорпиона), 22 октября перейдет в созвездие Змееносца.

Наблюдать **Марс** можно в утреннее время около 3 ч, условия его видимости постепенно становятся лучше. До 25 сентября Марс перемещается по созвездию Весов, затем по созвездию Льва, где 25 октября пройдет вблизи звезды Регул (α Льва).

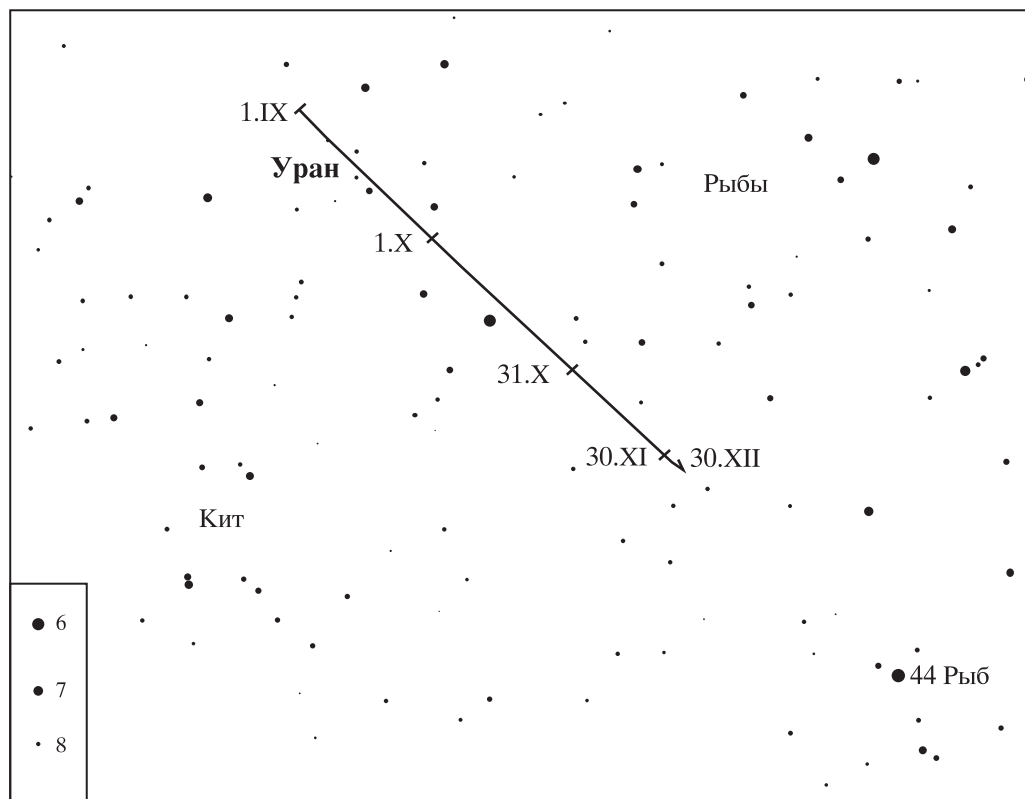
Юпитер замечен в утреннее время в созвездии Близнецов. Видимый угловой диаметр этой планеты-гиганта, как и продолжительность видимости, увеличивается. 28 сентября и 25 октября Луна будет находиться около Юпитера.

В сентябре заканчивается вечерняя видимость **Сатурна**, он замечен непродолжительное время по вечерам в южных районах нашей страны. В октябре планета-гигант находится на небесной сфере поблизости от Солнца и не доступна наблюдениям. Утренняя видимость Сатурна начнется в декабре, 2 сентября он переходит из созвездия Девы в созвездие Весов.

В сентябре – декабре 2013 г. **Уран** (блеск $5,7^m$) можно увидеть ночью в созвездии Рыб, используя бинокль или небольшой телескоп. Блеск Урана немного ярче 6^m , что позволяет зорким людям увидеть его на темном небе невооруженным глазом. Противостояние Урана состоится 3 октября.



Вид восточной части звездного неба в Москве 30 сентября в $5^h 00^m$ по московскому времени. Отмечено положение Марса, Юпитера и Луны.



Видимый путь Урана на небесной сфере в сентябре – декабре 2013 г.

Таблица IV

ЭФЕМЕРИДА УРАНА

Дата		α		δ		m	d
		ч	м	°	'		"
Сентябрь	1	00	43,6	+03	54	5,7	3,6
Октябрь	1	00	39,5	+03	28	5,7	3,6
Октябрь	31	00	35,2	+03	01	5,7	3,6
Ноябрь	30	00	32,4	+02	44	5,8	3,5
Декабрь	30	00	32,2	+02	43	5,8	3,4

18 октября произойдет частное полутеневое лунное затмение. Однако максимальная фаза затмения небольшая – 0,766, и потемнение южной части лунного диска не заметно для человеческого глаза.

В.И. ЩИВЬЁВ
г. Железнодорожный (Московская обл.)

Южная Корея запустила первый спутник

30 января 2013 г. с южнокорейского космодрома Наро стартовала РН “KSLV-I” (Korean Space Launch Vehicle – корейская космическая ракета-носитель), или “Naro-1”, созданная при участии российских конструкторов. Ракета успешно вывела на орбиту научно-технологический микро-спутник “STSAT-2C” массой около 100 кг. Примерно через 9 мин после старта “STSAT-2C” отделился от ракеты-носителя и вышел на целевую орбиту высотой $296,5 \times 1513,1$ км, наклонением $80,3^\circ$. Ранее было запущено несколько южнокорейских спутников, но все они выведены с помощью иностранных ракет-носителей. Южная Корея стала одиннадцатой космической державой после СССР/России, США, Франции, Японии, Китая, Великобритании, Индии, Израиля, Ирана и Северной Кореи.

Во время старта 25 августа 2009 г. спутник отделился от ракеты, но на заданную орбиту не вышел из-за того, что не удалось сбросить один из обтекателей. Второй неудачный старт состоялся 10 июня 2010 г., ракета взорвалась на 137-й секунде полета. Третий старт дважды откладывался по техническим причинам. Первоначально он планировался на 26 октября 2012 г., но были обнаружены технические неполадки. На устранение дефекта ушел



Старт РН “KSLV-I” (“Naro-1”) с первым южнокорейским спутником с космодрома Наро. 30 января 2013 г. Фото KARI.

почти месяц. После ремонта была осуществлена вторая попытка пуска – 29 ноября 2012 г., закончившаяся неудачей: за 17 мин до запуска автоматика остановила предстартовую подготовку из-за проблем со второй ступенью.

Россия и Южная Корея договорились о совместной разработке и создании южнокорейского космического ракетного комплекса и ракеты-носителя легкого класса “KSLV-I” в рамках межправительственного соглашения о сотрудничестве в области исследования и

использования космического пространства в мирных целях. Контракт о создании был “KSLV-I” подписан в октябре 2004 г.

Специалисты российского Государственного космического научно-производственного центра им. М.В. Хруничева создали первую ступень ракеты-носителя и отвечали за разработку комплекса в целом. Первая ступень РН “KSLV-I” создана на базе универсального ракетного модуля, разработанного для российской ракеты-носителя нового поколения “Ангара”.



Южнокорейская ракета-носитель "KSLV-1" ("Naro-1"), созданная при участии российских специалистов, на стартовом комплексе космодрома Наро. Январь 2013 г. Фото KARI.

Первые старты РН "Ангара" с космодрома Плесецк (Архангельская область) должны состояться в 2013 г. НПО "Энергомаш" им. В.П. Глушко – разработчик и изготовитель двигателя первой ступени. Конструкторское бюро транспортного машиностроения проектировало наземный комплекс космодрома Наро, расположенный в 485 км к югу от столицы страны Сеула. Вторую ступень и научный спутник спроектировали и изготовили в Корейском институте аэрокосмических исследований (KARI).

По материалам Информ-
агентств,
30 января 2013 г.

Информация

Новое о ранней Вселенной

Астрономы из Мичиганского университета объяснили процессы, происходившие после Большого взрыва, изучив галактики класса "зеленый горошек". Такое название галактики получили из-за обилия ионизованного кислорода, излучающего в зеленой области спектра. Они относятся к сейфертовским с активным

ядром, из которого вырываются мощные выбросы газа со скоростями до нескольких тысяч километров в секунду. Зеленоватый оттенок им придает поток рентгеновских лучей, исходящих от сверхмассивной черной дыры в центре галактики. Судя по всему, галактик "зеленый горошек" во Вселенной немного – всего 250, им более 10 млрд лет. Диаметр таких светящихся областей газа обычно 1–10 тыс. св. лет, или 1–10% от размера нашей Галактики.

Галактики класса "зеленый горошек" открыла в 2009 г. группа астрономов-

любителей (Земля и Вселенная, 2009, № 5, с. 52). По строению они напоминают ранние галактики с интенсивным звездообразованием. Через 150 млн лет после зарождения Вселенной межгалактический водород мог быть ионизован излучением ранних галактик. В результате изначально нейтральный газ превратился в прозрачную ионизованную плазму, наблюдаемую сегодня в пространстве между галактиками.

По материалам информ-
агентств,
6 апреля 2013 г.

МКС нашла темную материю

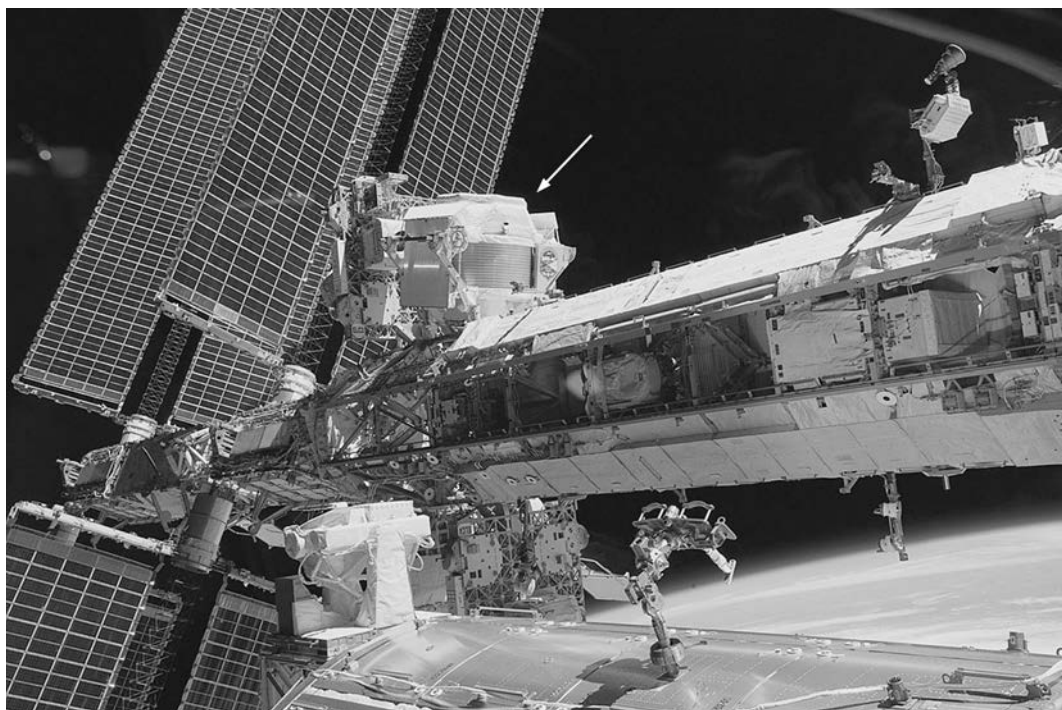
Нобелевский лауреат Сэмюэль Тинг на пресс-конференции в Женеве 3 апреля 2013 г. сообщил о первых результатах эксперимента по поиску темной материи, который проводился на МКС с использованием магнитного альфа-спектрометра “AMS-02”, предназначенного для изучения состава космических лучей. В мае

2011 г. он был доставлен на станцию КК “Индевор” (STS-134; Земля и Вселенная, 2011, № 5, с. 107–108). Удалось зафиксировать достоверный избыток позитронов над электронами в космическом излучении в диапазоне энергий 10–250 ГэВ. Всего за время работы прибор зарегистрировал около 400 тыс. позитронов с энергией 0,5–350 ГэВ. Ранее большой поток позитронов уже удавалось зафиксировать, но данные “AMS-02” – самые подробные из тех, что до сих пор были получены в космосе. Поскольку к источникам происхождения позитронов относятся процессы в темной материи, то обнаруженный избыток этих частиц, возможно, говорит о ее присутствии.

Однако источником “избыточных” позитронов могут быть и пульсары. Разделить два возможных источника можно, анализируя спектр энергии позитронов. Чтобы окончательно подтвердить существование темной материи, планируется перевести прибор в режим энергий более 350 ГэВ.

Первый такой прибор, “AMS-01”, работал на российском орбитальном комплексе “Мир” (Земля и Вселенная, 1999, № 4, с. 25–26). Он зарегистрировал около миллиона ядер гелия и подтвердил методику измерения темной материи, что позволило создать “AMS-02”.

Пресс-релиз NASA,
4 апреля 2013 г.



Магнитный альфа-спектрометр “AMS-02” (указан стрелкой) на МКС. Фото NASA.

Новый атлас Атлантики

21 февраля 2013 г. в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН состоялась презентация третьей части Атласа Атлантического океана. Это итог многолетнего труда ученых из 40 стран по международной программе создания климатических атласов Мирового океана “WOCE” (The World Ocean Circulation Experiment – эксперимент по изучению циркуляции Мирового океана). Атлас издан на высоком полиграфическом уровне на средства Лаборатории оценки природных рисков географического факультета МГУ. Лаборатория организована в 2010 г., когда МГУ получил правительственный грант для господдержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих уче-

ных в российских вузах. Ранее уже были изданы атласы Южного и Тихого океанов.

Океанографический атлас Атлантического океана представили его авторы – заведующий Лабораторией оценки природных рисков МГУ немецкий профессор П. Колтерманн и доктор географических наук В.В. Гурецкий (Гамбургский университет). Оба автора работали ранее в Немецкой гидрографической службе, где выпущена электронная версия Атласа (<http://icdc.zmaw.de/woce.html>).

Атлас содержит серию вертикальных разрезов гидрологических и гидрохимических параметров вод (22 разреза), измеренных в международной океанографической экспедиции по изучению циркуляции Мирового океана. В него вошла серия карт поверхности океана и равной плотности воды, демонстрирующих географическое распределение свойств водных масс. Он составлен на основе более 71 тыс. наблюдений. Для построения карт ис-

пользовались не только данные программы “WOCE”, но и другие результаты высокоточных измерений за последние 30 лет.

В 1990–1998 гг. проходила экспериментальная фаза программы “WOCE” – гидрографические измерения с судов. Весь Мировой океан (кроме арктических акваторий) был покрыт сетью разрезов, вдоль которых измерены температура, соленость, с разных горизонтов взяты пробы воды для дальнейшего изучения комплекса параметров. Было открыто около 23 тыс. станций во время 440 научных рейсов. Это самый обширный массив гидрографических данных, который когда-либо удалось собрать в рамках одного эксперимента.

В планах исследователей-океанологов издание четвертого атласа по программе “WOCE” – Атласа Индийского океана.

Пресс-релиз Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
25 февраля 2013 г.



Презентация третьей части Атласа Атлантического океана в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН. Слева – профессор П. Колтерманн и доктор географических наук В.В. Гурецкий. Справа – электронная и бумажная версии Атласа. 21 февраля 2013 г.

Запуск КА “Бион-М”

19 апреля 2013 г. со стартового комплекса площадки 31 космодрома Байконур с помощью РН “Союз-2.1.а” успешно выведен на круговую орбиту высотой 575 км и наклоном 64,9° российский научный космический аппарат “Бион-М” № 1 с сотней живых организмов на борту. Напомним, что в 1973–1996 гг. запущено 11 космических аппаратов серии “Бион”.

Модифицированный биоспутник длиной 4,5 м и массой 6840 кг, в том числе масса научной аппаратуры 900 кг (из них возвращено 650 кг), создан в Ракетно-космическом центре “ЦСКБ-Прогресс” (Самара). Он предназначен для проведения в орбитальном полете фундаментальных и прикладных исследований по космической биологии, физиологии и биотехнологии. “Бион-М” состоит из трех

частей: спускаемого аппарата с научной аппаратурой (размещена в контейнерах с открывающимися и закрывающимися крышками), приборного и агрегатного отсеков, предназначенных для размещения устройств, аппаратуры и обеспечивающих полет систем.

“Бион-М” № 1 – единственный специализированный космический комплекс в мире для проведения биологических экспериментов на грызунах. В ходе его полета решались актуальные практические задачи по изучению системных реакций их скелета, мышц, сердечно-сосудистой и нервной систем на действие микрогравитации и искусственной силы тяжести, а также совместного действия на организм радиации и микрогравитации.

На “Бион-М” 24 комплекта научных приборов, установленных внутри и снаружи спускаемого аппарата. На борту находились 45 мышей и 8 монгольских мышей-песчанок, 15 гекконов, 20 улиток, аквариум с рыбками-цихлидами, 40 кон-

тейнеров с различными микроорганизмами, семенами и растениями.

Научную программу экспериментов по биомедицине, гравитационной биологии, радиобиологии, экзобиологии и биотехнологии подготовил Институт медико-биологических проблем РАН. В соответствии с программой космический аппарат совершил полет за 30 сут. 19 мая спускаемый аппарат с результатами экспериментов совершил посадку на Землю.

Совместно с КА “Бион-М” № 1 на орбиту выведены шесть малых космических аппаратов, созданных на платформе “CubeSat”: “АИСТ” (Россия), “BeeSat-2”, “BeeSat-3”, “SOMP” (Германия), “DOVE-2” (США), “G.O.D. Sat” (Южная Корея). Все микроспутники были закреплены на наружной поверхности КА “Бион-М” и переведены в автономный полет на 4–35-м витках.

Пресс-релизы Роскосмоса и “ЦСКБ-Прогресс”,
19 апреля 2013 г.

Третий радиационный пояс Земли

Ученые обнаружили между внешним (19–40 тыс. км от Земли) и внутренним (около 13 тыс. км) радиационными поясами нашей планеты (Земля и Вселенная, 1979, № 4) ранее неизвестную временную промежуточную зону заряженных частиц. Наблюдения проводились с помощью двух американских ИСЗ «Radiation

Belt Storm Probes» (зонды, исследующие радиационный пояс), запущенных 30 августа 2012 г. для изучения внешнего магнитного поля. Удалось зафиксировать вокруг Земли пояс электронов с энергией 4–7,5 МэВ. Он образовался в сентябре 2012 г. и просуществовал месяц до того, как был уничтожен солнечной вспышкой. Эта зона располагалась под внешним радиационным поясом, который способен до ста раз варьировать в объеме, а удерживаемые в нем ча-

стицы обладают особенно большой энергией.

Ученые пока не знают, как происходит формирование промежуточной зоны, но предполагают, что частицы могли туда попасть из внешнего пояса. Изучение магнитосферы Земли и радиационных поясов имеет большое значение для понимания фундаментальных процессов, обеспечения работы космических аппаратов и защиты космонавтов.

По материалам NASA,
2 марта 2013 г.



Схема радиационных поясов Земли, по новым данным. Радиоактивные зоны наиболее светлые. Рисунок NASA.

Информация

Карликовые галактики – спутники Млечного Пути

В начале 2013 г. с помощью телескопов Кека Обсерватории Мауна Кеа на Гавайях найдена миниатюрная галактика Segue 2, находящаяся в созвездии Овна на расстоянии 114 тыс. св. лет от Земли. Она лишь в 900 раз ярче Солнца, тогда как светимость Млечного Пути больше, чем у Солнца,

в 20 млрд раз. Определив диапазон масс 25 основных звезд мини-галактики, исследователи выяснили, что она в 10 раз менее плотная, чем предполагалось.

Недавно открыты еще четыре новые крошечные галактики – спутники Млечного Пути размером от нескольких сотен до нескольких тысяч световых лет. Карликовые галактики считаются строительным материалом для больших, таких, как наша. Они содержат примерно тысячу старых звезд, сформировав-

шихся миллиарды лет назад, поэтому звездообразование в них уже не происходит.

Компьютерное моделирование показало, что галактик, подобных Segue 2, должно быть множество. Пять уже известных небесных тел из-за малых размеров изучить пока не удалось. Обнаружение небольших галактик-спутников – очень важная проблема космологии.

Пресс-релизы Обсерватории Мауна Кеа и Университета Калифорнии, 7 и 12 июня 2013 г.

Информация

Пульсары – космические часы

В 2012 г. ученые из Пуштинской радиоастроно-

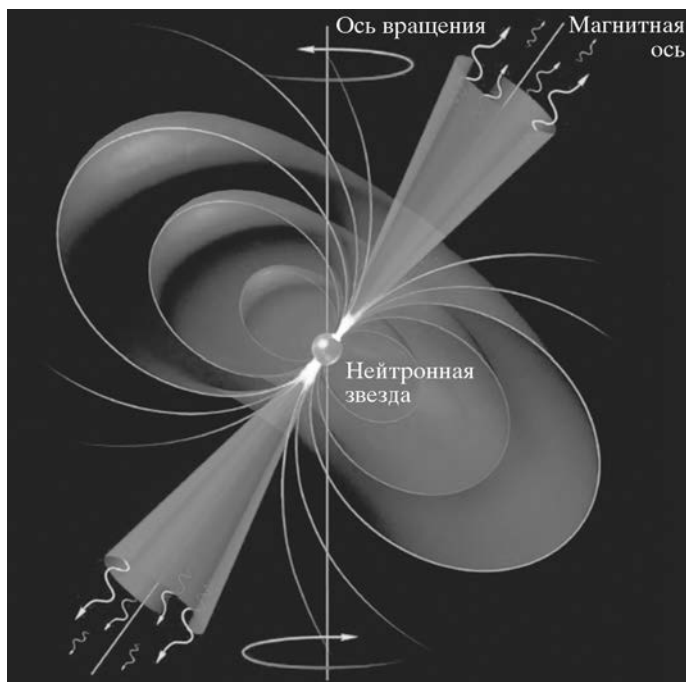
мической обсерватории Физического института им. П.Н. Лебедева РАН (ПРАО ФИАН) разработали новый метод построения высокостабильной шкалы пульсарного времени. Этот

метод позволит не только вносить поправки в ход земного эталонного времени, но и решить многие астрономические, навигационные и космологические задачи.

Строение пульсара. Рисунок ПРАО ФИАН.

Пульсар – небесный объект, излучающий периодические импульсы в различных диапазонах длин волн – от радио- до гамма-диапазона. Согласно современным представлениям, пульсар – нейтронная звезда с наклоненной относительно оси вращения осью магнитного поля, вращающаяся с огромной скоростью (от долей до сотен оборотов в секунду). Еще в 1970-х гг. в ФИАН родилась идея использовать выпускаемые радиопульсарами импульсы с высокой стабильностью периода для построения новой пульсарной шкалы времени.

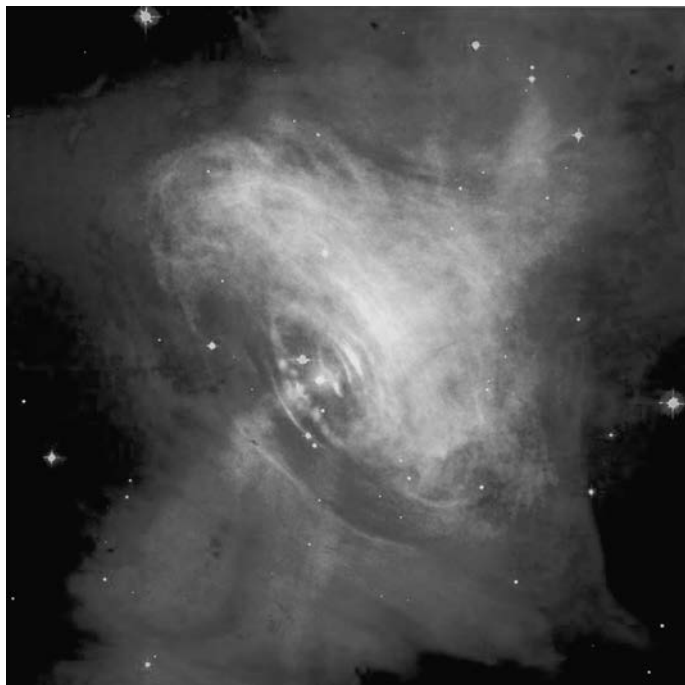
Сегодня применяется атомное (ТАИ), земное (ТТ) и Всемирное координированное (UTC) время (Земля и Вселенная, 1979, № 3). Независимо от выбора всегда стоял вопрос поиска наиболее точного эталона времени. В 1967 г. были открыты радиопульсары (Земля и Вселенная, 1970, № 4; 1971, № 2; 1980, № 2). В 1979 г. ученые ПРАО ФИАН предложили создать пульсарную шкалу времени, основанную на измерении интервалов между импульсами радиопульсара, приходящими на Землю. Зная время прихода импульса и сравнивая его с получен-



ными показаниями по атомным часам, они оценивали стабильность имеющегося временного эталона. Пуль-

сарная шкала представляет собой таблицу поправок к показаниям земных часов.

Крбовидная туманность (M1, NGC 1952) – остаток Сверхновой 1054 в созвездии Тельца. В центре туманности находится пульсар PSR B0531+21 – нейтронная звезда. КТХ, космическая рентгеновская обсерватория “Чандра”. Апрель 2001 г. Фото NASA.



Основное достоинство предлагаемой шкалы в том, что она астрономическая, то есть стабильная на длительных интервалах времени. Шкала активно используется в фундаментальных и прикладных исследованиях. Однако еще не определена “пульсарная секунда”, а также возникли сложности в хронометрировании, зависящие от многих факторов. Решением этой проблемы занялась группа ученых из ПРАО ФИАН. Они разработали оригинальный метод, примененный к данным пульсаров PSR B1855+09 и B1937+21, впервые позволивший полу-

чить поправки к шкале UTC относительно шкалы пульсарного времени с точностью $0,4 \pm 0,17$ мкс.

Чтобы построить пульсарную шкалу времени, одновременно измеряются периоды нескольких десятков пульсаров. Это позволило применять шкалу в космологии, астрофизике и фундаментальной метрологии. Есть надежда получить доказательство существования гравитационных волн, построить независимую шкалу галактических расстояний, уточнить массы планет Солнечной системы и, значит, улучшить точ-

ность планетных эфемерид. Одно из прикладных направлений: сеть высокостабильных пульсаров будет использоваться в качестве космических маяков для навигации АМС при полетах в Солнечной системе и даже за ее пределами. По пульсарным эфемеридам оснащенная соответствующими датчиками межпланетная станция сможет автономно определять свое местоположение с точностью несколько сотен метров.

Пресс-релиз ПРАО
ФИАН,
19 февраля 2013 г.

Информация

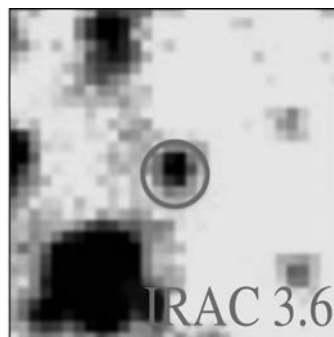
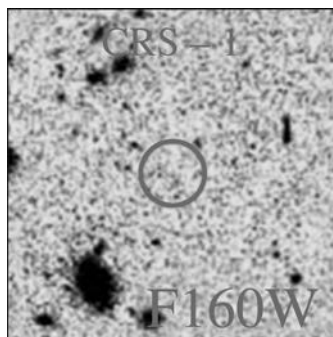
Удаленные ультра-красные галактики

Четыре очень яркие в инфракрасном спектре галактики, расположенные на расстоянии в 12,3 млрд св. лет от нас, обладают необычным свойством: они совершенно не видимы в оптическом диапазоне. Ученые из Гарвард-Смитсоновского центра астрофизики пришли к такому заключению после обработки снимков, переданных в декабре 2011 г. космическими обсерваториями КТХ и «Спитцер». Эти галактики в 60 раз ярче, чем на самой большой длине волны, которую может зафиксировать камера ближнего ИК-диапазона КТХ. Столь сильное покраснение трудно списать на одно только расстояние. Известны и другие причины преобладания красного свечения галактик. Напри-

мер, такое возможно, если в них много пыли. Она блокирует обычное излучение, но галактика испускает много энергии в тепловом диапазоне. Такой же эффект дает интенсивное звездообразование, нагревающее пыль в районах рождения светил. И еще один вариант: преобладание старых звезд – красных гигантов, возникших вскоре после Большого взрыва. Астрономы пришли

к необычному выводу: галактики столь сильно покраснели из-за совмещения всех причин сразу. Ультракрасные галактики должны быть крупны и массивны, чтобы их можно было увидеть на таком расстоянии. Они находятся поблизости друг от друга и, по-видимому, связаны между собой.

По материалам NASA,
3 марта 2013 г.

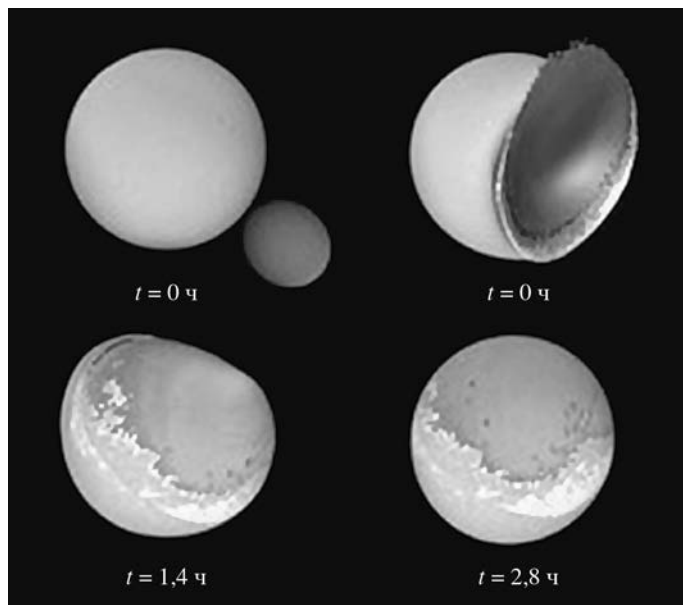


Четыре ультракрасные галактики в 12,3 млрд св. лет от нас. Снимки получены космическими обсерваториями КТХ и «Спитцер». На изображении слева галактик нет (это место отмечено кружком), справа – виден яркий источник теплового излучения (отмечен кружком). Фото NASA.

Причины асимметрии Луны

Различие в строении полушарий нашего естественного спутника — следствие падения большого тела или нескольких тел на видимую сторону Луны. По одной из наиболее проработанных гипотез, более 4 млрд лет назад в молодую Землю врезался небесный объект размером с Марс. Удар был не лобовой, а скользящий. В результате было выброшено много вещества, постепенно сформировавшего не только наш естественный спутник, но и еще один-два маленьких спутника Земли. Спустя несколько десятков миллионов лет со скоростью 2–3 км/с они упали на Луну.

К такому выводу пришла группа ученых под руководством Э. Аспхог (Калифорнийский университет, США) и М. Ютци (Бернский университет, Швейцария), опубликовавших статью в журнале “Nature”. Проблема явного отличия двух полушарий оставалась неразрешенной с тех пор, как обратную сторону Луны сфотографировали межпланетные станции (Земля и Вселенная, 2005, № 1). Ее видимая сторона — равнинная, она на 40% покрыта “морями” и меньшим числом кратеров, чем обратная, где преобладает материковый рельеф с обширными



Последовательность гипотетического столкновения маленького спутника Земли с Луной несколько десятков миллионов лет назад. Рисунок Э. Аспхог, М. Ютци.

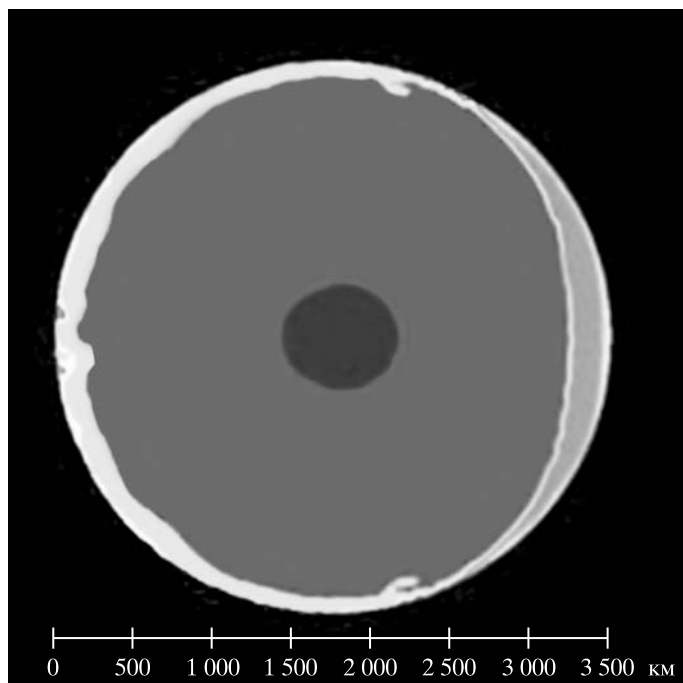


Схема строения Луны, по новой гипотезе. Слева — толстая кора и высокие горы обратной стороны, справа — кора морских районов видимой стороны, в центре — ядро. Рисунок Э. Аспхог, М. Ютци.

горными системами, возвышающимися более чем на 3 км (“моря” занимают всего 10%). Такую асимметрию ранее пытались объяснить неравномерностью охлаждения коры, воздействием гравитации Земли или усиленной бомбардировкой ас-

тероидами и кометами обратной стороны.

При ударе маленьких спутников Земли слой каля, редкоземельных элементов и фосфора с видимой стороны был вытеснен на противоположную. Если удастся доставить на Зем-

лю образцы лунного грунта с обратной стороны Луны, то при сравнении возраста и химического состава грунта ее обеих сторон можно будет проверить эту гипотезу.

“Nature”, № 476, 69 – 72,
4 августа 2011 г.

Информация

Вулканы сдерживают потепление

Климатологи установили, что извержения вулканов, произошедшие в 2000–2010 гг., позволили на четверть сократить глобальное потепление на Земле.

Выводы ученых основаны на компьютерном моделировании влияния вулканов на концентрацию пылевых частиц в стратосфере. Извержения, в зависимости от своей мощности и локализации, в разной степени увеличивают отражающую способность Земли, что впервые было учтено в подобной модели. В нее включены антропогенные факторы, но промышленные выбросы диоксида серы практически не повлияли на

результаты. Несмотря на то что выбросы в районе Азии увеличились на 60%, их воздействие на стратосферу в модели было незаметно. Однако сажа, выделяемая танкерами и сухогрузами, поглощается в океанических водах и стимулирует рост водорослей, усиливая потепление.

По материалам информ-
агентств,
3 марта 2013 г.

НОВЫЕ КНИГИ

Подробно о космонавтике в США

Издательство “Эксмо” в серии “Люди в космосе” выпустило книгу **“Секреты американской космонавтики. Почему американцы были вторыми в космосе?”** (М.: 2012). Ее автор – А.Б. Железняков, советник президента РКК “Энергия” им. С.П. Королёва, популяризатор достижений отечественной и мировой космонавтики. В книге представлена исчерпываю-

щая информация о становлении ракетной техники и космонавтики в США. Максимально подробно описаны все значимые военные и гражданские проекты, осуществленные программы исследования Солнечной системы. Повествование построено в виде увлекательного рассказа, раскрывающего причины отставания Америки от Советского Союза в освоении космоса и последовавшие затем ее оглушительные победы – высадка астронавтов на Луну и большой тур американских АМС по Солнечной системе. Почему немецкие военные секреты

не помогли американским конструкторам опередить Советский Союз в запуске спутника? Что представлял собой гипотетический проект “Икар”? Какие космические корабли для марсианских экспедиций разработал Вернер фон Браун? В чем заключался научный подвиг американского руководителя аэрокосмической медицины Дж. Стопа? Когда и где был создан ракетный ранец для полета человека? Кем изобретена пушка для запуска спутников в космос? На эти и другие вопросы можно найти ответы в книге.

Книга содержит пять частей, 58 глав. Перечислим названия восьми глав первой части книги, *“Первые американские ракеты”*, раскрывающих их содержание: “Ракеты Роберта Годдарда”, “Американское ракетное общество”, “Группа Теодора фон Кармана”, «“Фау-2” в Америке», «Операции “Сэнди” и “ПушOVER”», «“Викинг”, “Аэробы” и другие ракеты», «Самолеты серии “Х”», «Первая американская баллистическая ракета».

Во второй части, *“Космическая эра начинается”*, в главах 9–13 описываются первоначальные проекты создания национального спутника, в 14-й и 15-й – запуски первых спутников “Эксплорер-1” и “Авангард-1”, в 16-й – секретный проект ракеты-носителя ВМФ с воздушным запуском, в 17-й и 18-й – испытания ядерного оружия в космосе.

Третья часть, *“Человек в космосе в кратчайший срок”*, в главах 19–26 изложена интригующая история, как американцы пытались завоевать приоритет в запуске человека в космос. Читатель здесь познакомится с пилотируемыми проек-

тами “Адам”, “Меркурий” и “Дайна Сор”, первыми космическими полетами астронавтов в 1961–1963 гг., подготовкой женщин-астронавтов по программе “Меркурий”, испытательными полетами ракетного самолета “Х-15”.

В главе 27 четвертой части, *“Лунная гонка”*, повествуется о тернистых путях реализации программы “Аполлон” и связанных с ней проектах по исследованию космического пространства. Эта часть начинается с текста речи президента США Джона Кеннеди 25 мая 1961 г., в которой он объявил задачу высадки человека на Луну. Далее рассказывается об орбитальных полетах астронавтов на кораблях “Джемини”, лунных исследованиях с помощью АМС “Рейнджер”, “Сервейер” и “Лунар Орбитер”, проекте военной орбитальной станции “МОЛ”, полетах по программам “Аполлон”, “Скайлэб” и “Союз – Аполлон”. В главах 46–47 освещены межпланетные путешествия автоматических станций “Пионер-10/11”, “Вояджер-1/2” и “Викинг-1/2”.

Пятая часть, *“Звездные войны”*, – о военном противостоянии США и СССР. В главах 48–49 приводится текст речи президента Р. Рейгана, выступившего 23 марта 1983 г. с программой космической стратегической оборонной инициативы, раскрывается ее смысл и возможности. В следующих главах указаны сведения о разведывательных спутниках и секретных программах Национального разведывательного управления США. В 52–54-й главах дается информация о военных навигационных и метеорологических спутниках. Главы 55–58 посвящены реализации программы “Спейс Шаттл”, катастрофам кораблей “Челленджер” и “Колумбия”, началу сборки МКС.

В *Эпилоге* представлен текст программной речи Дж. Буша о горизонтах американской пилотируемой космонавтики, с которой он выступил 14 января 2004 г. В *Заключении* затронуты перспективные задачи космонавтики и приведен список использованной литературы.

Книга заинтересует читателей, стремящихся лучше узнать историю космонавтики.

“Сто великих тайн космоса”

Под таким названием в 2012 г. в издательстве “Вече” в серии “100 великих” вышла книга о самых удивительных и невероятных тайнах космонавтики (автор-составитель С.Н. Славин). На ее страницах в популярной форме даются исчерпывающие ответы на многие загадки истории о том, как развивалась ракетная техника и космонавтика – от первых представлений о Вселенной в древности до современных космических систем и МКС. Затронуты перспективы освоения космоса и проект марсианской экспедиции.

В книге семь глав и 24 части. В первой главе, “*Они были первыми*”, анализируются фантастические произведения XVII–XIX вв., связанные с мечтами о межпланетных путешествиях, вариантами полетов с помощью ракет и контактами с инопланетянами. Когда и где появились ракеты? Рисунки, напоминающие ракеты, обнаружены в вавилонских и индийских рукописях, датируемых 3200 г. до н.э. Кустарное производство ракет началось примерно в 1200 г. Из этой главы читатель узнает о применении пороховых ракет в военных целях в XVIII–XIX вв., развитии ракетного дела в Европе и России (В. Конгрев, К. Руджиери, К.И. Константинов). В XX в. появились теоретические работы К.Э. Циол-

ковского и Ю.В. Кондратюка (А.И. Шаргея), проекты межпланетного корабля и ракеты на жидком топливе Ф.А. Цандера.

Во второй, “*Ракетный Рейх*”, рассказывается о первых ракетных аэрофото съемках (1900-е гг.) немецкого инженера А. Мауля, о работе Немецкого ракетного общества в 1927–1933 гг., об испытаниях экспериментальных жидкостных ракет в Германии. В 1931–1933 гг. на ракетном полигоне под Берлином было осуществлено 87 пусков ракет и 270 испытаний двигателей на стенде. На полигоне Пенемюнде состоялись старты первых в мире баллистических ракет А-4 (“Фау-2”), созданных В. фон Брауном и В. Риделем. Кто был первым астронавтом? Выдвигается версия о полете 24 января 1945 г. Р. Шредера на ракете А-9/А-10, но никаких доказательств не сохранилось, так как все документы после войны были уничтожены. Приводятся сведения о разработке в 1944 г. немецкими инженерами Э. Зенгером и И. Бредтом дальнего бомбардировщика с ракетным двигателем “Серебряная птица” для бомбежки Нью-Йорка. Рассматривается еще один сверхсекретный проект нацистов – летающие диски, прошедшие испытания в 1940–1945 гг.

Третья глава, “*Победы и промахи Страны Советов*”, посвящена деятельности Общества изучения межпланетных сообщений и первых отечественных ракетных организаций – ГДЛ, ГИРД, РНИИ. Затронуты интригующие подробности

охоты за секретами ракеты А-4 (“Фау-2”), на основе ее отдельных частей и агрегатов был собран и запущен аналог этой ракеты на полигоне Капустин Яр. Далее изложены сведения о создании НИИ-88 (ныне РКК “Энергия” им. С.П. Королёва), ракетного полигона Тюратам (будущий космодром Байконур) и первой советской баллистической ракеты Р-1. В этой главе рассказывается также о проекте пилотируемой ракеты ВР-190 М.К. Тихонравова.

Четвертая глава, “*Сага о спутниках*”, описывает историю проектов первых ИСЗ: “Форсайд”, “Медуза”, “Авангард”, АСАТ (США) и “Д”, “Полет” (СССР). Читатель узнает о том, как развивалась “космическая гонка”, разрабатывались и запускались первые советские и американские спутники, эксплуатировались спутники-разведчики и спутники-истребители. Раскрываются секреты экзотических спутниковых экспериментов.

В пятой, “*Первые пилотируемые полеты*”, изложены малоизвестные страницы развития мировой пилотируемой космонавтики. Кто был космонавтом № 0? Насколько рискованными были полеты Гагарина и Леонова? Что случилось во время полетов кораблей “Восток” и “Восход-2”? Какие сообщения ТАСС заготовили? Сколько космонавтов и астронавтов погибло? Эти и другие вопросы освещаются в нескольких сюжетах.

В шестой главе, “*Страсти вокруг Селены*”, – рассказ о различных версиях

событий и секретах, связанных с освоением Луны. Полет космонавтов по проекту Сталина, советская лунная программа, экспедиция “Аполлона-11”, доказательство высадки астронавтов на лунную поверхность, эпопея с луноходами, дальнейшие исследования нашей небесной соседки...

Особое место занимает заключительная глава,

“Горизонты космонавтики”, в которой показано настоящее и будущее космонавтики. Она познакомит с программами разработки крылатых космических кораблей в США, СССР, Китае и Японии. Описана история эксплуатации орбитальных станций “Скайлэб” (США), “Салют” и “Мир” (СССР – Россия). О том, какие привилегии у космонавтов, о

стоимости космических проектов, о перспективах осуществления межпланетных и межзвездных экспедиций можно узнать из последней главы сборника.

Завершает книгу список литературы и интернет-сайтов.

Это издание предназначено для всех интересующихся историей космонавтики.

“Кьюриосити” исследует Марс

В феврале – апреле 2013 г. американский марсоход “Кьюриосити” находился в 400 м к востоку от места посадки, в небольшой впадине “залив Йеллоунайф” (назван в честь городка в Канаде). В этом районе сходятся три различных типа геологических структур. Задача “Кьюриосити” состоит в определении в геологическом прошлом условий, при которых могли сущест-

вовать бактерии. Участок, выбранный для первого бурения, сложен из мелкозернистой осадочной породы, пронизанной жилами сульфата кальция. Здесь обнаружены породы, сформировавшиеся под воздействием течения ручьев или небольших рек. В феврале и мае пробурено несколько пробных скважин. Затем превращенный в мелкую пыль образец изучали в бортовой лаборатории. Исследования проводились с помощью рентгеноструктурного инструмента CheMin и газового анализатора SAM (Земля и Вселенная, 2012, № 3, с. 110–112).

Результаты анализа образцов грунта говорят о том, что ранее на Марсе были условия, пригодные для существования жизни. Образцы состояли на 80% из магматических горных пород, 20% – это глинистые минералы с небольшим содержанием соли и нейтральным показателем кислотности. Кроме того, обнаружены “кирпичики жизни” – соединения фосфора, азота, серы, углерода и водорода.

В мае “Кьюриосити” отправился к подножию горы в центре кратера Гейла.

Пресс-релизы NASA,
15 марта и 12 апреля
2013 г.



Отверстие, пробуренное «Кьюриосити» на поверхности Марса. 9 февраля 2013 г. Фото NASA/JPL.

Ф.СП-I	АБОНЕМЕНТ																					
	70336 (индекс издания)																					
	на <u>газету</u> ж у р н а л																					
	Земля и Вселенная (наименование издания)																					
	на ____ год по месяцам:																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12										
	Куда																					
	(почтовый индекс)						(адрес)															
	Кому																					
(фамилия, инициалы)																						
	ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА																					
	70336 (индекс издания)																					
	на <u>газету</u> ж у р н а л																					
	Земля и Вселенная (наименование издания)																					
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; padding: 2px;">Стои- мость</td> <td style="width: 15%; padding: 2px;">подписки пере- адресовки</td> <td style="width: 15%; padding: 2px;">____ руб. ____ коп.</td> <td style="width: 15%; padding: 2px;">Количество комплектов</td> <td style="width: 40%; padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="padding: 2px;">____ руб. ____ коп.</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>												Стои- мость	подписки пере- адресовки	____ руб. ____ коп.	Количество комплектов				____ руб. ____ коп.		
	Стои- мость	подписки пере- адресовки	____ руб. ____ коп.	Количество комплектов																		
			____ руб. ____ коп.																			
	на ____ год по месяцам:																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12										
Куда																						
(почтовый индекс)						(адрес)																
Кому																						
(фамилия, инициалы)																						

Дорогие читатели!

*Напоминаем, что подписаться на журнал
“Земля и Вселенная” вы можете с любого
номера по Объединенному каталогу
“Пресса России”*

*(II полугодие 2013 г.) во всех отделениях связи.
Подписаться можно и по Интернету,
воспользовавшись каталогом журналов
на сайте Почта России.
Подписной индекс – 70336.*

Заведующая редакцией Г.В. Матророва
Зав. отделом космонавтики С.А. Герасютин

Художественные редакторы О.Н. Никитина, М.С. Вьюшина
Литературный редактор О.Н. Фролова
Оператор ПК Н.Н. Токарева
Корректор Г.В. Печникова
Обложку оформила О.Н. Никитина

Сдано в набор 07.04.2013. Подписано в печать 25.06.2013. Дата выхода в свет 13 нечет.

Формат 70 × 100¹/₁₆ Цифровая печать

Уч.-изд.л. 12,3 Усл. печ.л. 9,1 Усл.кр.-отт. 3,9 тыс. Бум.л. 3,5

Тираж 415

Зак. 1346

Цена свободная

Учредители: Российская академия наук, Президиум

Издатель: Российская академия наук. Издательство “Наука”

117997 Москва, Профсоюзная ул., 90

Адрес редакции: 119049, Москва, Мароновский пер., 26

Телефоны: (факс) (499) 238-42-32, 238-29-66

E-mail: zevs@naukaran.ru

Оригинал-макет подготовлен АИЦ “Наука” РАН

Отпечатано в ППП “Типография “Наука”,
121099 Москва, Шубинский пер., 6





"НАУКА"
Индекс 70336